

GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

# Code de bonne pratique





# **GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE : CODE DE BONNE PRATIQUE**

**Mars 1992**

**Document établi par le groupement des partenaires :**

**BRGM**

**COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (CGG)**

**COMPAGNIE DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE FRANÇAISE (CPGF)**

**RÉSEAU DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, représenté par le  
LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES (LCPC)**

**avec l'aide de l'Etat français MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
Sous Direction Qualité-Normalisation.**

# **GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE : CODE DE BONNE PRATIQUE**

## **SOMMAIRE GÉNÉRAL**

- Partie 1 - Systèmes qualité. Recommandations pour l'assurance de la Qualité des prestations de service en géophysique.
- Partie 2 - Guide d'adéquation des méthodes et techniques géophysiques aux applications concernant le sol et le sous-sol.
- Partie 3 - Recueil des fiches géophysiques.

# **GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE : CODE DE BONNE CONDUITE**

## **PARTIE 1**

Systemes qualité. Recommandations pour l'assurance  
de la qualité des prestations de service en géophysique

**Mars 1992**

**Document établi par le groupement des partenaires :**

**BRGM**

**COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (CGG)**

**COMPAGNIE DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE FRANÇAISE (CPGF)**

**RÉSEAU DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, représenté par  
le LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES (LCPC)**

**avec l'aide de l'État français – MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
Sous Direction Qualité – Normalisation**



# **SYSTÈMES QUALITÉ. RECOMMANDATIONS POUR L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DES PRESTATIONS DE SERVICE EN GÉOPHYSIQUE**

**Mars 1992**

## **AVERTISSEMENT**

Ce document a été établi dans le cadre de l'opération "Partenariat 92", édition 1989, aidée par le Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire (sous-direction de la Qualité pour l'Industrie et de la Normalisation - SQUALPI) par le groupement des sociétés de service françaises en géophysique non pétrolière : BRGM-CGG-CPGF-LCPC. Les travaux du groupement se sont déroulés en 3 phases, sur une durée de 30 mois.

Il s'agit du document cadre prévu à la phase 1.1. du projet.

Ce texte de recommandations a pour objectif de constituer la base d'un code de bonne pratique de la géophysique non pétrolière, reconnu comme référence professionnelle.

Il a été établi par les représentants du groupement ci-après :

BRGM : J. PERAGALLO, département géophysique, chef du service opérations  
P. SOLETY, délégué à la qualité

CGG : A. BOUVIER, département de géophysique générale  
G. CLEMENT, chef du département de géophysique générale  
D. POTEVIN, délégué à la qualité

CPGF : J. LAKSHMANAN, président-directeur général  
Y. LEMOINE, directeur général

LCPC : P. JACQUES, délégué à la qualité  
R. LAGABRIELLE, chef de section géophysique appliquée

Ce document a été approuvé formellement par le groupement le 5 novembre 1990 et présenté aux principaux donneurs d'ordres français de géophysique non pétrolière au cours de la table ronde "Géophysique : en marche vers la qualité" le 15 avril 1991 à la Société Géologique de France.

## PRÉAMBULE

La qualité, "ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites" est un enjeu de taille pour les économies modernes.

Les représentants des sociétés prestataires de géophysique appliquée basées en France sont conscients de l'importance de la qualité du service pour une profession peu organisée et veulent se référer à un système d'évaluation reconnu des principaux donneurs d'ordre français et européens.

Le Ministère de l'Industrie (sous Direction Qualité - Normalisation) a aidé financièrement, dans le cadre de l'opération "Partenariat 92" et sur proposition des principaux prestataires, un programme d'actions destiné à adapter les prestations de service en géophysique à la norme européenne EN 29001 et à standardiser les productions françaises de géophysique.

Les présentes recommandations constituent une transposition de la norme européenne EN 29001, elle-même identique à la norme internationale ISO 9001, pour répondre aux besoins spécifiques de l'assurance qualité des prestations de service en géophysique appliquée. Cette transposition a conduit à traiter trois séries de questions :

- la première concerne l'application à des prestations de service d'un texte très général, mais conçu et rédigé essentiellement pour des produits : les phases de conception et de contrôle final, par exemple, ont dû être traitées de façon très spécifique ; d'autres phases, comme celle de la manutention et du stockage ont été considérées comme étant sans objet.
- la seconde porte sur la définition des critères de qualité des prestations particulières que sont les études de géophysique appliquée. Ces critères concernent d'une part l'adaptation aux besoins des clients et aux caractéristiques des terrains susceptibles d'être rencontrés, prise en compte essentiellement dans la phase de conception, et d'autre part la maîtrise des techniques retenues à mettre en oeuvre dans la phase d'exécution. Cette dernière aboutit à une codification des bonnes pratiques et règles de l'art dans des "fiches géophysiques" indissociables des recommandations. Les "fiches géophysiques" constituent les références professionnelles.
- enfin, la troisième est relative aux systèmes qualité proprement dit et à leur formalisation dans des documents opérationnels. S'agissant de décrire les principes de systèmes d'assurance externe de la qualité, en interface entre le prestataire de service et le client, il a été retenu trois niveaux de documents complémentaires selon le caractère plus ou moins général de leur application.

Le système d'assurance externe de la qualité décrit dans les recommandations qui suivent est de nature à garantir la qualité des prestations de service en géophysique appliquée. Cependant, ce système n'exclut pas la mise en place par les prestataires de dispositions complémentaires pour leurs besoins propres et pour maîtriser les éléments d'un système global de gestion de la qualité.

## SOMMAIRE

	Pages
<b>0. Introduction</b>	9
1. Objet et domaine d'application	9
1.1. Objet	9
1.2. Domaine d'application	9
<b>2. Références</b>	10
<b>3. Définitions</b>	11
<b>4. Exigences en matière de Système qualité</b>	11
4.1. Responsabilités de la direction	11
4.2. Système qualité	12
4.3. Maîtrise des offres et des contrats : conception des prestations	13
4.4. Maîtrise des documents	14
4.5. Sous-traitances et achats	15
4.6. Produit et service fournis par le client	16
4.7. Identification et traçabilité de la prestation de service	16
4.8. Maîtrise des procédés	16
4.9. Contrôles de la prestation de service en géophysique	17
4.10. Maîtrise des équipements de mesure et de calcul	19
4.11. Etat des contrôles	19
4.12. Maîtrise de la prestation de service non conforme	19
4.13. Actions préventives	20
4.14. Mise à disposition de la prestation de service	20
4.15. Enregistrements relatifs à la qualité	20
4.16. Audits qualité internes	21
4.17. Recrutement et formation	21
4.18. Présentation au client	22
 <b>Annexe 1 : liste des méthodes et des techniques géophysiques</b>	 23
<b>Annexe 2 : - séquence des activités de service en géophysique appliquée</b>	27
- plan-type d'assurance qualité	29
 <b>Annexe 3 : modèle et exemple de fiche géophysique</b>	 31
 <b>Annexe 4 : Tableau de correspondance à l'usage des auditeurs</b>	 35



# **Systèmes qualité. Recommandations pour l'assurance de la qualité des prestations de service en géophysique**

## **0. INTRODUCTION**

Les présentes recommandations sont fondées sur la norme européenne EN 29001 portant sur les systèmes qualité qui peuvent être utilisés dans le cadre de l'assurance externe de la qualité. Le modèle d'assurance de la qualité applicable aux prestations de service en géophysique définit la forme d'"aptitude de fonctionnement ou d'organisation" qui convient à un cadre contractuel entre deux parties.

Il faut souligner que les exigences en matière de système qualité, spécifiées dans la norme européenne EN 29001 et adaptées dans les présentes recommandations, sont complémentaires (et ne constituent pas une alternative) aux exigences techniques spécifiées des prestations de service en géophysique.

## **1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION**

### **1.1. Objet**

Les présentes recommandations spécifient les exigences en matière de système qualité pour les prestations de service en géophysique. Leur application suffit en principe à démontrer l'aptitude du fournisseur à concevoir et à fournir des prestations de service en géophysique.

Les exigences spécifiées dans les présentes recommandations visent à prévenir toute non conformité relative aux prestations de service durant toutes les phases définies au paragraphe 1.2.

### **1.2. Domaine d'application**

Les présentes recommandations s'appliquent à toutes les prestations de service faisant l'objet de "fiches géophysiques". En l'absence de fiche, une "fiche géophysique" devra être établie selon un modèle contenu dans les présentes recommandations.

Les services rendus par la géophysique appliquée concernent principalement les études pour les projets de construction d'ouvrage, l'exploration minière et les reconnaissances pour l'hydrogéologie ; en particulier, pour les projets de construction d'ouvrages, la géophysique intervient au stade de la recherche et de la reconnaissance de site et de la conception de travaux de Génie Civil qui affectent le sol et le sous-sol (voies de communication, tunnels, barrages, carrières, sites industriels, centres de stockage, dépôts de déchets toxiques et radioactifs, ...) ainsi qu'au stade de l'évaluation des risques naturels pouvant menacer ces ouvrages.

Les prestations de service en géophysique pour l'exploration des hydrocarbures liquides ou gazeux ne sont pas concernées par ces recommandations.

Toute prestation de service en géophysique appliquée comprend les phases suivantes :

1/ conception de la prestation de service, objet d'une analyse ou d'une étude préliminaire,

2/ exécution de la prestation, donnant lieu à :

- mesures et/ou essais, y compris la restitution et la mise en forme de données brutes,
- traitement de données,
- interprétation en termes de géophysique proprement dite,
- interprétation en termes du problème posé par le client,

3/ le cas échéant, à la demande du client, une présentation du rapport et/ou une réinterprétation à partir d'informations ou d'exigences nouvelles.

Un prestataire peut sous-traiter une partie de l'exécution de la prestation. Il reste toujours responsable de l'ensemble de la prestation.

En conséquence, les présentes recommandations sont applicables dans leur entier lorsque le donneur d'ordre demande une prestation de service en géophysique sans définir la technique d'exécution, c'est-à-dire lorsque la demande est présentée sous forme d'un cahier des charges performantiel (réponse à un besoin explicité). Dans ces conditions, le prestataire de service en géophysique doit pouvoir démontrer des aptitudes suffisantes en matière de conception, de mesure, de traitement et d'interprétation, qui soient susceptibles de garantir au client l'obtention d'un service conforme à ses besoins.

Ces recommandations sont en partie applicables lorsque le donneur d'ordre établit de lui-même un cahier des charges descriptif, la conception du service étant de son fait (mise en oeuvre des moyens prescrits). Le prestataire de service reste cependant soumis à l'obligation de conseil : en cas de désaccord sur les exigences du service, le prestataire doit au moins le signaler au donneur d'ordre et l'informer sur les conséquences possibles.

## **2. RÉFÉRENCES**

ISO 8402. qualité - Vocabulaire.

NF EN 29000 (ISO 9000). Normes pour la gestion de la qualité et l'assurance de la qualité. Lignes directrices pour la sélection et l'utilisation.

NF EN 29001 (ISO 9001). Systèmes qualité. Modèle pour l'assurance de la qualité en conception/développement, production, installation et soutien après la vente.

Fiches géophysiques (liste jointe en Annexe 1).

### **3. DÉFINITIONS**

Les définitions données dans la norme internationale ISO 8402 sont applicables dans le cadre de ces recommandations .

#### **GÉOPHYSIQUE**

Activités liées à la détermination de la répartition à la surface du sol ou dans des cavités creusées dans le sol d'un champ physique d'origine naturelle ou provoquée.

#### **PRESTATION DE SERVICE**

Toute activité impliquant des personnes et des équipements pour l'accomplissement d'un service

(Source : Projet ISO 10004).

#### **Commentaires :**

- 1/ pour la prestation de service en géophysique, il s'agit de l'ensemble des activités telles que définies au paragraphe 1.2.
- 2/ il existe des prestations de service et des prestations de service-type en géophysique
- 3 /une prestation de service-type en géophysique est une prestation qui est exécutée, conformément à un plan-type d'assurance de la qualité

### **4. EXIGENCES EN MATIÈRE DE SYSTÈME QUALITÉ**

#### **4.1. Responsabilités de la direction**

##### **4.1.1. POLITIQUE QUALITÉ**

La direction de chaque prestataire de service définit par écrit et applique une politique qualité qui lui est propre, pourvu qu'elle respecte les présentes recommandations adaptées aux services en géophysique.

La politique qualité définie en permanence par la Direction est basée sur la compétence scientifique et technique et sur la responsabilité en matière de gestion de la qualité. En particulier, le domaine de compétence est précisé par référence à des fiches géophysiques correspondant aux techniques que le prestataire maîtrise.



#### 4.1.2. ORGANISATION

La politique qualité de la direction se traduit en conséquence par une organisation garantissant la réalité des engagements revendiqués ; en particulier :

- 1/ Les établissements capables de réaliser des prestations de service en géophysique disposent de personnels compétents en géophysique qui soient en nombre suffisant pour assumer la totalité des tâches spécialisées nécessaires au bon déroulement des prestations.
- 2/ La direction désigne un responsable interne de la qualité en géophysique chargé de s'assurer de l'application de la politique qualité aux prestations de géophysique : le responsable de la qualité en géophysique remplit cette fonction en toute indépendance et avec tous pouvoirs pour identifier et résoudre les questions relatives à la qualité du service.
- 3/ Un ensemble de dispositions écrites d'organisation ayant une incidence sur la qualité des services en géophysique est en permanence appliqué et tenu à jour. Ces dispositions font l'objet du Système qualité décrit en 4.2.

#### 4.1.3. REVUE DE DIRECTION

Le responsable de la qualité vérifie que l'organisation des prestations en géophysique reste toujours compatible avec les présentes recommandations, en fonction des exigences techniques normatives ou légales et des résultats des audits. Il rend compte par écrit à la Direction au moins une fois par an.

### 4.2. Système qualité

Les prestataires de service en géophysique ont un système qualité qui précise les dispositions prises et appliquées pour obtenir la qualité des prestations. Le système qualité comporte des dispositions générales décrites dans un manuel d'assurance qualité approuvé par la direction et des dispositions spécifiques à chaque type de prestation. Les dispositions générales et spécifiques assurent la conformité aux exigences contenues dans les "fiches géophysiques".

Le manuel d'assurance de la qualité du prestataire décrit les dispositions générales prises pour assurer la qualité des prestations.

Le plan-type d'assurance de la qualité décrit les dispositions spécifiques complémentaires prises pour assurer la qualité des prestations relevant d'une technique particulière définie par une "fiche géophysique"; un modèle du contenu de ces plans-type est fourni dans les présentes recommandations.

Le plan d'assurance de la qualité décrit les dispositions particulières prises pour assurer la qualité d'une prestation donnée qui concerne un seul client, mais qui peut appeler la mise en oeuvre de plusieurs techniques ; bien entendu ce dernier document est constitué des précédents, coordonnés et complétés pour l'affaire en cause (par exemple en ajoutant le nom des intervenants, la référence des équipements prévus, des modes opératoires, ...).

## **4.3. Maîtrise des offres et des contrats : conception des prestations**

### **4.3.1. ÉTABLISSEMENT DE L'OFFRE**

Le prestataire reçoit des appels d'offre, consultations ou demandes exprimés en termes fonctionnels (besoins explicites à satisfaire) ou descriptifs (besoins exprimés par un programme technique). Les demandes peuvent être intermédiaires entre ces deux formes d'expression.

Dans le premier cas, la conception par le prestataire de service précède la réponse à la demande : la conception consiste à assembler (ordonnancer) des méthodes et techniques existantes, décrites par des documents appelés "fiches géophysiques", sous la forme du programme technique des travaux à exécuter. La qualité de la conception porte sur la faculté du programme technique à répondre aux besoins exprimés dans les appels d'offre, les consultations ou les demandes. Il faut apporter une solution aux exigences incomplètes, ambiguës ou conflictuelles, avec les personnes responsables de l'élaboration de ces exigences. La conception est, dans ce but, généralement confiée à un superviseur géophysicien, responsable vis-à-vis du client.

Dans le cas où l'appel d'offre, la consultation ou la demande sont exprimés en termes descriptifs, le superviseur géophysicien vérifie que le programme préétabli est apte à satisfaire les besoins du client lorsqu'il les connaît. Il vérifie également que le prestataire de service dispose du personnel compétent et du matériel nécessaire, en conformité avec les spécifications des fiches géophysiques.

Dans tous les cas, le superviseur géophysicien vérifie au moins le programme technique contenu dans le projet d'offre.

Le prestataire de service établit et tient à jour la liste des superviseurs géophysiciens.

L'établissement du programme technique engage le prestataire sur l'existence des moyens et des compétences prévus : il signale dans tous les cas les sous-traitances qu'il peut être amené à proposer, dans les conditions prévues à l'article 4.5.2.

### **4.3.2. REVUE DE CONTRAT**

Le prestataire de service décrit comment chaque contrat ou commande est examiné lors d'une revue de contrat.

Le superviseur géophysicien, de préférence celui qui a établi ou vérifié l'offre, vérifie que les spécifications de la commande ne diffèrent pas de celles de l'offre ; dans le cas contraire, les différences font l'objet d'une solution concertée avec le client.

En outre, le superviseur géophysicien s'assure que les moyens en personnel et en matériel conformes aux spécifications des fiches géophysiques sont effectivement disponibles ; il vérifie en particulier qu'il pourra mettre en oeuvre ces moyens pour satisfaire aux délais contractuels.

## 4.4. Maitrise des documents

Le prestataire de service en géophysique possède des documents généraux qui garantissent le respect des exigences des présentes recommandations et des documents particuliers qui sont nécessaires à la réalisation des prestations.

### 4.4.1. DOCUMENTS GÉNÉRAUX

Les documents généraux comprennent :

- les fiches géophysiques, pour les prestations de service standardisées en géophysique que le prestataire met en oeuvre,
- le manuel d'assurance de la qualité, propre à l'entreprise, comportant ou non des procédures spécifiques,
- les plans-type d'assurance de la qualité, établis par le prestataire de service pour chaque type de prestation, et tous les documents ou instructions qui s'y rattachent.

Les fiches géophysiques établissent les exigences associées aux différentes techniques utilisées en géophysique appliquée.

Lorsque le prestataire de service en géophysique propose à son client une prestation qui ne fait pas l'objet de fiche, il doit en établir une qu'il tient à disposition de son client. Si la prestation de service est une variante identifiée sur la fiche, le client peut demander une note explicative sur les différences avec le standard de la fiche.

Le manuel et les plans-type d'assurance de la qualité sont le reflet des capacités de l'entreprise pour réaliser les prestations. En particulier, chaque plan-type d'assurance de la qualité, dont un modèle de présentation est recommandé en Annexe 2, fait mention des moyens humains et matériels du prestataire, ainsi que des instructions nécessaires à tous les stades du déroulement de la prestation, notamment les modes opératoires des tâches et les modes d'emploi des équipements matériels et logiciels.

Hormis les fiches géophysiques, les documents généraux sont la propriété industrielle du prestataire : les modes opératoires représentent le savoir-faire formalisé du prestataire et sont confidentiels.

### 4.4.2. DOCUMENTS PARTICULIERS

Les documents particuliers sont :

- les documents issus du contrat ou de la commande, en particulier le programme technique,
- le plan d'assurance de la qualité de la prestation et tous documents nécessaires à la réalisation de la prestation de service,
- les documents résultants identifiés sur le plan d'assurance de la qualité.

Lorsque le client a vérifié et accepté le plan d'assurance de la qualité de la prestation, il devient une obligation. Toute modification fait l'objet d'un accord réciproque des parties.



#### 4.4.3. GESTION DES DOCUMENTS

Le responsable de la qualité en géophysique établit et/ou modifie les documents généraux. Il veille tout particulièrement à diffuser les versions en vigueur aux utilisateurs et à les archiver séparément.

Le superviseur géophysicien établit et/ou modifie les documents particuliers, le cas échéant, à partir des documents généraux, notamment le plan d'assurance de la qualité.

A l'issue de la réalisation des prestations, le superviseur géophysicien confie à l'agent désigné la confection d'un dossier d'archive qui contient tous les documents particuliers utiles. Les conditions et la durée d'archivage sont définies.

Les documents particuliers issus des mesures et du traitement des données sont la propriété exclusive du donneur d'ordre.

### 4.5. Sous-traitances et achats

#### 4.5.1. GÉNÉRALITÉS

Pour exécuter certains éléments des prestations contractuelles, le prestataire doit acheter des consommables et peut sous-traiter une partie des prestations géophysique ou non géophysique. Le prestataire définit les conditions d'achat des consommables en rapport direct avec la qualité des prestations.

Le prestataire de service doit apprécier la conformité de la sous-traitance aux exigences spécifiées du contrat, y compris dans le cas où la facturation du sous-traitant est directement prise en charge par le donneur d'ordre.

La sous-traitance globale de la prestation de service géophysique est exclue.

#### 4.5.2. ÉVALUATION DES SOUS-TRAITANTS

Le prestataire de service, lorsque cela s'avère nécessaire, choisit le ou les sous-traitants en fonction de ses références techniques ou de sa notoriété. Lorsque la sous-traitance porte sur une partie géophysique de la prestation, le sous-traitant est évalué et nommément désigné dès l'offre de service : l'évaluation porte sur l'existence et la réalité des dispositions prises en matière de qualité, et sur l'aptitude à respecter le plan qualité.

#### 4.5.3. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES AUX SOUS-TRAITANTS

Les prestations d'appui sous-traitées, de nature non géophysique (logistique, topographie, supports aériens ou nautiques ...) font l'objet de spécifications écrites acceptées par le sous-traitant.

Exceptionnellement, lorsque le prestataire de service principal ne dispose pas d'une technique géophysique et lorsque cette technique est une partie seulement de la prestation de service d'ensemble (cas des opérations complexes multiméthodes), la sous-traitance d'une partie de la prestation géophysique est possible sous réserve que le sous-traitant soit reconnu apte par le prestataire principal et qu'il respecte lui-même les présentes recommandations dans leur intégralité.

Le prestataire de service en géophysique qui fait appel à la sous-traitance en matière de géophysique établit des spécifications techniques relatives aux prestations attendues.

Les prestations géophysiques sous-traitées peuvent porter sur l'exécution des mesures et/ou essais, y compris la restitution et la mise en forme de données brutes, sur le traitement de données ou sur l'interprétation en terme géophysique proprement dit.

Le prestataire de service principal en géophysique reste toujours responsable de la conception de la prestation de service dans son ensemble et de l'interprétation en terme de problème posé par le client.

#### **4.5.4. VÉRIFICATION DES PRESTATIONS SOUS-TRAITÉES**

Dans tous les cas, le prestataire de service principal se réserve le droit de vérifier les prestations exécutées par ses sous-traitants ainsi que le respect par eux des spécifications qui leur sont imposées.

### **4.6. Produit et service fournis par le client**

Lorsque le client fournit des produits ou services (résultats d'études antérieures, cartes et plans, autorisation d'accès, moyens logistiques ou complémentaires ...) le prestataire de service en géophysique s'assure de la pertinence des produits et services fournis et de la convenance des moyens mis à sa disposition.

En cas d'anomalie ou de défectuosité constatée (plan non à jour, etc), il en informe le client avant de prendre les dispositions définitives.

### **4.7. Identification et traçabilité de la prestation de service**

Tous les documents se rapportant à une prestation de service donnée, en particulier les documents résultants inscrits au plan d'assurance de la qualité, sont étiquetés sous un numéro ou une identification spécifique de l'affaire.

Tous les éléments de mesure sont identifiables dans les conditions propres à la technique et définies dans un mode opératoire : les documents d'enregistrement des éléments de mesure sont conformes aux documents-type indiqués dans chaque mode opératoire concerné.

### **4.8. Maîtrise des procédés**

#### **4.8.1. GÉNÉRALITÉS**

Chaque prestation de service est par une ou plusieurs fiches géophysiques ; elle est mise en oeuvre selon un procédé dont la maîtrise est obtenue par le respect du processus schématisé à l'annexe 2 et établi par le plan d'assurance de la qualité correspondant. Le procédé est documenté, pour chaque élément d'activité, en terme de méthode, de personnel, de matériels et de moyens par : les instructions, les responsables, les équipements et les documents résultants qui figurent au plan d'assurance de la qualité.

#### **4.8.2. CONTENU DE LA FICHE GÉOPHYSIQUE**

La fiche géophysique comporte une partie descriptive et informative avec les principales applications (recto) et une partie conceptuelle (verso) : pour chaque stade de la prestation, les conditions nécessaires et suffisantes pour élaborer la conception puis la réalisation sont définies

(spécifications minimales, personnel spécialisé, équipement de base, document résultant). Un modèle de fiche géophysique est donné en Annexe 3.

Les prestations de services en géophysique sont indentifiées par le titre des fiches géophysiques ou le nom figurant à la rubrique "autres appellations". Lorsque le prestataire propose une variante, il s'oblige à renseigner les modifications apportées au standard (verso de la fiche géophysique).

#### 4.8.3. CONTENU DU PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Chaque prestataire de service possède un plan-type d'assurance qualité pour chacune des prestations-type qu'il est en mesure de fournir.

Le plan-type d'assurance qualité est la description des dispositions prises par le prestataire pour satisfaire aux spécifications explicites des fiches géophysiques et aux spécifications internes complémentaires ; il devient, après la commande, un plan d'assurance qualité. Il est alors complété par les instructions éventuellement manquantes, par le nom des responsables, et par l'identification des équipements concernés. Le plan d'assurance qualité est transmis au client lorsqu'il en a fait la demande dès l'offre.

#### 4.8.4. PROGRAMME DES TRAVAUX

L'organisation des travaux et la rédaction du programme des travaux sont réalisées par le géophysicien nommément désigné, responsable du chantier. Le programme des travaux comprend :

- le programme technique figurant dans l'offre, le contrat ou la commande,
- le plan d'assurance de la qualité établi en accord avec le superviseur géophysicien et complété à toutes ses rubriques,
- toutes instructions nécessaires à la bonne exécution de l'ensemble de la prestation de service, y compris les instructions en cas de défaillances ou de non conformité aux prévisions.

En particulier le programme des travaux contient des instructions de chantier aussi adaptées que possible aux contraintes du site et qui doivent permettre d'identifier tout élément susceptible de compromettre la mise en oeuvre du procédé.

#### 4.8.5. PROCÉDÉS SPÉCIAUX

Un "procédé spécial" de géophysique est une technique qui ne comporte pas de fiche géophysique à ce jour.

Dans ce cas, la fiche géophysique, le plan d'assurance qualité correspondant y compris les modes opératoires et les autres documents particuliers doivent être établis avant l'exécution des mesures.

### 4.9. Contrôles de la prestation de service en géophysique

#### 4.9.1. CONTRÔLES EN COURS D'EXÉCUTION

Les contrôles en cours d'exécution concernent les activités de vérification de l'adéquation avec le besoin, de validation des mesures brutes et de validation des données traitées.



Au début de la réalisation des mesures, le prestataire de service vérifie que les mesures sont d'une part correctes et d'autre part utiles pour satisfaire le besoin du client : ainsi, on valide le choix de la méthode, de la technique et du dispositif projetés. Le superviseur géophysicien effectue ou fait effectuer cette vérification sous sa responsabilité. Dans les cas courants, il la fait effectuer par le géophysicien. Si le programme des travaux présente une certaine difficulté, spécificité ou durée, le superviseur est présent sur le chantier en permanence ou à la demande pour prendre en charge cette vérification. Lorsque la vérification conduit à modifier de manière appréciable le programme des travaux préétabli, le client est informé dans les meilleurs délais afin que toutes les dispositions qui s'imposent puissent être prises. Lorsqu'aucune modification appréciable n'est nécessaire, le client n'est pas systématiquement informé.

La validation des mesures brutes est de la responsabilité du géophysicien qui vise le document matérialisant les mesures brutes ou mises en forme (support de mesure ou diagramme). En outre, et indépendamment du contrôle du bon fonctionnement des appareils prévus dans chaque mode opératoire, le contrôle de vraisemblance des mesures brutes est effectué en permanence par l'opérateur.

La validation des données traitées est confiée au géophysicien, si possible celui qui a validé les mesures brutes ; lorsque le traitement des données est une activité spécialisée bien individualisée, cette activité est confiée à un géophysicien compétent dans ce domaine.

#### 4.9.2. CONTRÔLE FINAL

Le contrôle final de la prestation est effectué par le superviseur géophysicien au moment de la vérification du rapport et avant son édition. Pour ce faire, le prestataire de service dispose de règles écrites figurant soit dans le manuel d'assurance de la qualité, soit dans une procédure spécifique, qui précisent les modalités de relecture, de vérification et d'approbation.

Avant de signer le rapport technique, le superviseur géophysicien du prestataire de service examine au moins :

- l'adéquation de la réalisation du programme technique et des documents généraux et particuliers régissant la qualité avec le besoin effectif,
- l'existence d'un compte-rendu de chantier établi par l'opérateur qualifié avec mention des difficultés rencontrées lors de l'exécution du programme des travaux,
- les différences entre les résultats obtenus et les résultats prévus,
- la nécessité éventuelle d'un complément de programme.

Le contrôle final est utilisé par le prestataire de service comme moyen interne de pérenniser et d'améliorer la qualité des prestations à fournir ultérieurement : le superviseur géophysicien transmet la fiche d'appréciation ou d'évaluation au responsable de la qualité en géophysique.

#### 4.9.3. ENREGISTREMENT DES CONTRÔLES

Les visas définis dans les plans d'assurance de la qualité, qui figurent sur les documents résultants attestent l'exécution des contrôles. Ces documents sont regroupés dans le dossier d'archives.

Chaque prestataire définit dans le détail les conditions d'archivage des contrôles.

Le prestataire vérifie aussi que la fiche d'appréciation ou d'évaluation est établie à l'issue de la prestation.

#### **4.10. Maîtrise des équipements de mesure et de calcul**

Les équipements de mesure et de calcul constituent la base de l'acquisition et du traitement des données nécessaires aux prestations de service en géophysique.

Les équipements de mesure sont sélectionnés en fonction des critères figurant sur la fiche géophysique correspondant à la prestation concernée.

Les prestataires maîtrisent, vérifient et maintiennent en état les équipements de mesure et de calcul. L'incertitude de mesure de l'appareil utilisé doit être connue et la mise en oeuvre de l'équipement doit être compatible avec l'exactitude de mesurage requise.

Les équipements de mesure sont vérifiés et contrôlés, selon les dispositions écrites. Des dispositions particulières sont prévues en cas de location ou de prêt de matériel.

Les enregistrements des données de contrôle, sont tenus à jour et archivés pour chaque équipement figurant sur la liste des matériels. La vérification complète n'est faite que lorsque le contrôle avant usage montre des dérives par rapport aux résultats enregistrés au cours des contrôles précédents.

Les prestataires s'attachent à prendre les précautions adaptées au bon fonctionnement des équipements de mesure et de calcul en ce qui concerne les conditions de stockage, de manutention, de transport. Ces précautions sont définies, le cas échéant, dans les modes opératoires sur la mise en oeuvre des équipements de mesure et de calcul.

#### **4.11. Etat des contrôles**

Les contrôles en cours d'exécution figurent dans le dossier d'archives. Le responsable de la qualité en géophysique constitue un dossier des fiches d'appréciation ou d'évaluation.

#### **4.12. Maîtrise de la prestation de service non conforme**

Les prestations de service en géophysique sont réputées non conformes lorsqu'elles s'écartent des standards fixés par les documents généraux -notamment les fiches géophysiques- et les documents particuliers. Par exemple, il y a non-conformité lorsque l'exécution des mesures ou le traitement des données n'ont pas été réalisés selon le ou les mode(s) opératoire(s) correspondant(s).

Il y a conformité lorsque les modes opératoires et le programme ont été respectés, même si les mesures ne sont pas interprétables ou encore si les prestations ne correspondent pas au besoin. Les défauts qui résultent de ces cas ne sont pas traités dans les présentes recommandations. Leur prévention fait toutefois l'objet des dispositions prévues lors de l'établissement de l'offre (voir 4.3.1.).

##### **4.12.1. EXAMEN ET TRAITEMENT DES NON-CONFORMITÉS**

Le prestataire de service définit les responsabilités pour l'examen et le traitement des prestations non conformes.

La prestation non conforme est examinée selon une règle écrite détaillée figurant dans le manuel d'assurance de la qualité ou dans une procédure. Elle peut conduire, si nécessaire à des actions correctives pour :

- refaire tout ou partie du traitement lorsque la non-conformité porte seulement sur le traitement des données,
- refaire tout ou partie des mesures lorsque la non-conformité porte sur l'exécution des mesures, éventuellement après révision du programme des travaux.

Si le délai de la prestation de service en géophysique ne peut être respecté du fait d'une reprise des mesures, le client en est aussitôt informé avec mention obligatoire du motif du retard. Il en est de même lorsque la prestation ne peut être refaite dans les mêmes conditions, en particulier dans le cas où les conditions d'environnement propres au site ne sont pas reproductibles (diagraphies de forage en particulier).

#### **4.13. Actions préventives**

Le prestataire de service établit, documente et tient à jour des règles écrites pour :

- rechercher la cause de la prestation non conforme et les actions correctives sur le système qualité, nécessaires pour éviter le renouvellement des non-conformités,
- analyser la technique utilisée lors des prestations antérieures de même nature, pour détecter et éliminer les causes potentielles à l'origine de la prestation non conforme,
- déclencher les actions préventives pour modifier la technique de la prestation de service, tant au niveau de la méthode (en particulier des modes opératoires), que des personnels, des matériels et des documents résultants, en rapport avec le niveau de risque encouru,
- mettre en application et enregistrer les modifications qui résultent des actions correctives.

#### **4.14. Mise à disposition de la prestation de service**

La prestation de service est mise à disposition chez le client sous forme d'un rapport contenant au moins les documents résultant de l'interprétation en terme de problème posé par le client. Le rapport est conditionné de manière telle que le destinataire puisse contrôler l'intégralité du contenu (identification du nombre total de pages, figures et documents).

Le prestataire expédie ou remet le rapport au client et lui demande un accusé de réception.

#### **4.15. Enregistrements relatifs à la qualité**

Le prestataire de service définit et applique des règles d'enregistrement et de traitement de toutes les informations fournies par les clients et les superviseurs géophysiciens.

Les informations en retour des clients sont sollicitées en nombre suffisant pour démontrer que la qualité requise de la prestation est normalement obtenue et que le système qualité fonctionne efficacement.

Les informations en provenance du client, avis sur les résultats et la qualité des investigations géophysiques sont sollicitées et collectées par des moyens appropriés. Ces indications sont répertoriées sous forme de fiche ou tout autre document propre à un classement et à un traitement (fiche de réclamation, certificat de bonne fin, questionnaire, ...).

#### **4.16. Audits qualité internes**

Les prestataires de service en géophysique procèdent à des vérifications du système d'assurance de la qualité pour analyser en permanence l'état d'application des dispositions prévues et en vue d'apprécier les besoins de correction ou d'adaptation en fonction de l'évolution des besoins.

A cette fin, la pertinence du système d'assurance de la qualité est examinée à intervalles réguliers, selon un programme préétabli. Les examens sont effectués par des auditeurs qualité et ils donnent lieu à un compte rendu écrit.

Les résultats de la vérification sont discutés avec les personnels concernés, et approuvés par eux avant transmission à la direction. Dans tous les cas, les responsables des domaines d'activité vérifiés engagent des actions correctives en temps utile pour remédier aux déficiences identifiées.

#### **4.17. Recrutement et formation**

Les personnels compétents en géophysique sont recrutés et formés selon des règles écrites figurant au manuel d'assurance de la qualité.

Il existe au moins 3 niveaux de responsabilité nécessaires à la réalisation des prestations, définis pour chaque activité du plan-type d'assurance de la qualité :

- l'opérateur qualifié possède le niveau baccalauréat ou équivalent, et une formation en géophysique attestant de ses capacités à exécuter les mesures, à mettre en forme les données issues des mesures, et à reconnaître les dysfonctionnements éventuels des appareillages ;
- le géophysicien, ingénieur ou technicien supérieur, a une formation en rapport avec la géologie et une qualification en géophysique issue de sa formation initiale ou de formations complémentaires ultérieures ;
- le superviseur géophysicien est un géophysicien qui est susceptible de justifier d'une expérience de plusieurs années dans diverses méthodes ou techniques géophysiques, et dans des contextes géologiques variés.

Les opérateurs qualifiés figurent sur une liste avec mention de leur aptitude à utiliser des équipements ou des types d'équipement identifiés. Le prestataire de service tient à jour la liste nominative des géophysiciens aptes à réaliser les différentes prestations de service définies par les fiches géophysiques qu'il met en oeuvre, et la liste des superviseurs géophysiciens. Ces listes peuvent être complétées par le curriculum vitae de chaque géophysicien.

Les formations y compris les expériences, pouvant être assimilées à des formations sont enregistrées et tenues à jour.

Par ailleurs, le prestataire de service peut confier des tâches sans influence directe sur l'obtention de la qualité à des personnels non qualifiés et succinctement formés, y compris au moyen de recrutements sur chantiers, sous réserve que leur activité soit effectuée sous les ordres d'au moins un opérateur qualifié.

#### **4.18. Présentation au client**

Lorsque le client le spécifie, la prestation de service en géophysique fait l'objet d'une présentation. La présentation au client est placée sous la responsabilité du superviseur géophysicien.

Si le client souhaite une présentation après remise du rapport, sans l'avoir initialement demandée, elle ne fait pas intégralement partie de la prestation de service.

Des dispositions écrites figurant dans le manuel ou dans une procédure spécifique définissent l'attitude suivie par le prestataire de service pour cette activité.

## ANNEXE 1

### LISTE DES MÉTHODES ET DES TECHNIQUES GÉOPHYSIQUES

#### GRAVIMÉTRIE

Microgravimétrie	GRA 01
Gravimétrie au sol	GRA 02
Gravimétrie de forage	GRA 03
Gravimétrie en mer	GRA 04

#### SISMIQUE RÉFRACTION

Base sismique	SIS 01
Sondage sismique	SIS 02
Sismique ondes de cisaillement	SIS 03
Sismique réfraction aquatique	SIS 04

#### SISMIQUE RÉFLEXION

Sismique haute résolution	SIS 11
Sismique très haute résolution	SIS 12
Sismique réflexion aquatique	SIS 13
Sonar latéral	SIS 14
Profil sismique vertical (PSV)	SIS 15

#### SISMIQUE TRANSMISSION

Sismique en couche	SIS 21
Tomographie sismique	SIS 22
Sismique "Down-hole" / "up-hole"	SIS 23
Sismique "Cross-hole"	SIS 24
Sismique parallèle	SIS 26
Sismique ondes de tube	SIS 27

#### SISMIQUE VIBRATION

Paramètres d'ébranlement	SIS 31
--------------------------	--------

## **RADIOACTIVITÉ NATURELLE**

Spectrométrie au sol	RAN 01
Spectrométrie aéroportée	RAN 02

## **ÉLECTRIQUE EN COURANT CONTINU OU BASSE FRÉQUENCE**

Sondage électrique	ELE 01
Sondage électrique long	ELE 02
Trainé électrique	ELE 03
Géoélectrique aquatique	ELE 04
Sondage électrique PP	ELE 11
Trainé PP	ELE 12
Polarisation spontanée (PS)	ELE 21
Panneau électrique au sol	ELE 31
Panneau électrique entre forages	ELE 32

## **ÉLECTROMAGNÉTISME A ÉMETTEUR TRÈS ÉLOIGNÉ**

Magnétotellurique (MT)	EMA 01
Audiomagnétotellurique (AMT)	EMA 02
Radiomagnétotellurique (RMT)	EMA 03
VLF sol	EMA 04
VLF aéroporté	EMA 05

## **ÉLECTROMAGNÉTISME À ÉMETTEUR PROCHE CONTRÔLÉ**

EM sol à émetteur fixe	EMA 11
EM forage à émetteur fixe	EMA 12
EM sol à émetteur mobile	EMA 21
EM forage à émetteur mobile	EMA 22
EM héliportée	EMA 23
EM aéroportée	EMA 24
Radar géologique	EMA 31
Radar de forage	EMA 32

## **MAGNÉTISME**

Magnétisme au sol	MAG 01
Magnétisme aéroporté	MAG 02
Magnétisme en forage	MAG 03
Magnétisme en mer	MAG 04



## **THERMIQUE**

Thermographie infra-rouge sol	THE 01
Thermographie infra-rouge aéroportée	THE 02

## **DIAGRAPHIES NUCLÉAIRES PROVOQUÉES**

Diagraphie gamma-gamma	DIA 01
Diagraphie neutron-neutron	DIA 02
Diagraphie neutron-gamma	DIA 03

## **DIAGRAPHIES NUCLÉAIRES NATURELLES**

Diagraphie gamma-ray naturel	DIA 11
Diagraphie gamma-ray sélectif	DIA 12

## **DIAGRAPHIES ÉLECTRIQUES (ÉLECTROMAGNÉTIQUES)**

Diagraphie PS	DIA 21
Diagraphie monoélectrode	DIA 22
Diagraphie de résistivité normale	DIA 23
Diagraphie de résistivité focalisée	DIA 24
Pendagemétrie	DIA 25
Imagerie électrique	DIA 26
Diagraphie PP	DIA 27
Diagraphie de conductivité	DIA 28

## **DIAGRAPHIES ACOUSTIQUES**

Diagraphie microsismique	DIA 31
Diagraphie sonique	DIA 32
Diagraphie sonique multiparamètres	DIA 33
Imagerie acoustique	DIA 34

## **DIAGRAPHIES TECHNIQUES**

Diagraphie de débitmétrie	DIA 41
Diagraphie de température du fluide	DIA 42
Diagraphie de résistivité du fluide	DIA 43
Diagraphie de diamètre	DIA 51
Trajectométrie	DIA 52
Diagraphie de cimentation	DIA 53
Caméra vidéo en forage	DIA 61

## SÉQUENCE DES ACTIVITÉS DE SERVICE EN GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

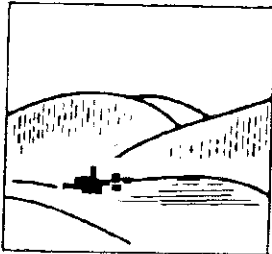
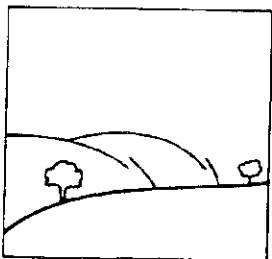
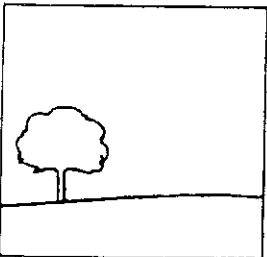
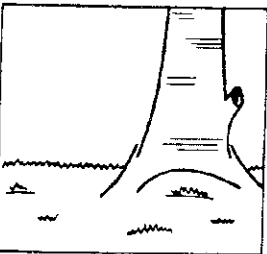


**PLAN -TYPE D'ASSURANCE QUALITÉ DES PRESTATIONS DE SERVICE EN GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE**

N°	ACTIVITÉS	INSTRUCTIONS	RESPONSABLE	ÉQUIPEMENT	POINT D'ARRÊT	DOCUMENT RESULTANT
1	ÉTABLISSEMENT DE L'OFFRE	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien	Éventuellement moyen de calcul	COMMANDE	Programme technique
2	REVUE DE CONTRAT	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien si possible le même)	Néant		Acceptation de la commande (obligation de conseil)
3	ORGANISATION DES TRAVAUX	Liste des opérateurs Liste des équipements	Géophysicien		Sur demande*	Programme des travaux
4	EXÉCUTION DES MESURES	Mode opératoire identifié	Opérateur qualifié	Selon méthode (voir fiche GPH)	Obligation sauf non modification du programme des travaux	Support de mesure identifié
5	MISE EN FORME DES DONNÉES	Mode opératoire identifié	Opérateur qualifié	Selon méthode		Diagramme indentifié
6	VÉRIFICATION DE L'ADÉQUATION AVEC LE BESOIN (en début de réalisation)	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien ou Géophysicien (selon degré complexité)	Moyens de calcul		Lettre, télex, télécopie
7	POURSUITE DES MESURES	Mode opératoire identifié	Opérateur qualifié	Selon méthode		Support de mesure identifié
8	VALIDATION DES MESURES BRUTES	Mode opératoire ou manuel de l'entreprise	Géophysicien			Visa des feuilles de mesure et/ou diagrammes
9	TRAITEMENT DES DONNÉES **	Mode d'emploi logiciel	Opérateur qualifié	Moyens de calcul		Données traitées
10	VALIDATION DES DONNÉES TRAITÉES	Mode d'emploi logiciel	Géophysicien	Moyens de calcul		Visa
11	INTERPRÉTATION GÉOPHYSIQUE	Mode d'emploi, abaques, logiciel	Géophysicien	Moyens de calcul		Diagramme, coupe, carte
12	INTERPRÉTATION CLIENT		Superviseur géophysicien			Carte, coupe interprétative ou de synthèse
13	ÉTABLISSEMENT RAPPORT	Rapport-type ou procédure	Géophysicien	Moyens d'édition		Rapport
14	VÉRIFICATION ET APPROBATION DU RAPPORT	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien			Feuille de contrôle ou visa
15	MISE A DISPOSITION	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien			Accusé de réception du rapport
16	ARCHIVAGE	Procédure	Agent désigné			Dossier d'archives
		CLOTURE DE L'AFFAIRE			SOLDE FACTURE	
17	PRÉSENTATION DU RAPPORT	Procédure ou manuel de l'entreprise	Superviseur géophysicien		Sur demande	Selon demande

- \* La demande ne se justifie que sur des opérations où le volume des travaux est important ; elle est de nature à augmenter le délai de réalisation.  
 \*\* Les activités 9 et 10 ne sont pas justifiées pour toutes les prestations de service en géophysique.

**ANNEXE 2**

**TITRE :** *(titre de la technique)***MÉTHODE :** *(parmi les méthodes définies en annexe 1).***DOMAINE D'APPLICATION :***(penser aux applications immédiates, sinon lister les principales applications définies dans les tableaux du guide d'adéquation).***CONDITIONS D'APPLICATION :****INTERDIT D'APPLICATION :****RÉSULTAT FOURNI :***(décrire brièvement la forme de ce qui sera fourni au client).***PRINCIPE :***(décrire simplement pour un non spécialiste).***INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :***(pas plus de 3 références, si possible en français, donner la référence complète : auteur, année, titre, revue, éditeur,...).***RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :***(donner toutes les informations préalables disponibles – contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance – et les informations utiles pour établir le programme technique).**Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.***AUTRES APPELLATIONS :***(synonymes du titre, appellations du jargon géophysique, pas de traduction sauf exception).***VARIANTES :***(pour des variantes techniques non décrites au verso, pour lesquelles le client est en droit de demander des informations complémentaires, ne pas mentionner les techniques différentes faisant l'objet d'une autre fiche).***UNITÉ DE PRIX :***(donner clairement l'unité de prix souhaité par la profession pour les consultants et appels d'offre).*BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

N° Référence	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation</b> (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Etablir le mode opératoire</i></li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Programme technique.</i></li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données</b> (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Spécifications minimales des règles de l'art.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Toujours mentionner les personnels selon les 3 catégories décrites dans les recommandations : "opérateur qualifié", "géophysicien" ou "superviseur géophysicien". Inutile de dénombrer les manœuvres. Faire état de personnels spécifiques (boutefeu, navigateur,...)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Équipements géophysiques ou spécifiques nécessaires avec le minimum de ce qu'il faut.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Document attestant que la phase du service est terminée = document de sortie.</i></li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Compléter cette ligne que s'il y a un traitement effectif et non une simple restitution ou mise en forme des données. (Si un traitement peut être effectué en option le décrire et mentionner option dans la première colonne ; dans ce cas, le résultat fourni décrit au recto devra porter la mention "éventuellement", suivi du nom de l'option).</i></li> </ul>			
<b>Interprétation géophysique</b>				
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</i></li> <li>• <i>Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</i></li> </ul>			

## SONDAGE ÉLECTRIQUE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique.

Hydrogéologie : niveaux aquifères, biseau salé, structure grands bassins.

Génie civil : épaisseur d'altération, de recouvrement, terrassement carrière.

Mines : dépôts stratiformes.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes de résistivité entre les couches de terrain. Variation latérale de résistivité reste faible.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines et industrielles.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 100 m.

**CODE :** 0-1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution des résistivités à la verticale d'un point donné.

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol mesurée par un dispositif quadripole (ABMN), pour une succession de valeurs d'écartement du dispositif.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

SCHLUMBERGER C. (1930) - Etude sur la prospection électrique du sous-sol. Gauthier-Villars, 2e éd.

KUNETZ G. (1966) - Principles of direct current resistivity prospecting. Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations, de lignes à haute tension, ...

**AUTRES APPELLATIONS :**

SE, SE SCHLUMBERGER. Sondage électrique en lignes courtes, sondage géoélectrique, sondage électrique vertical, SEV.

**VARIANTES :**

Dispositifs WENNER, dipôle-dipôle, sondage électrique carré.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le sondage électrique défini par sa longueur maximale de lignes AB.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier, hypothèse de couches continues horizontales ou peu inclinées.</li> <li>• Évaluer les contrastes de résistivité.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Fixer longueurs lignes AB.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si résistivités connues).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur de AB au moins 6 fois profondeur investigation.</li> <li>• Nombre de points de mesure par décade au minimum 5.</li> <li>• Embrayage sur 2 points au moins.</li> <li>• Déroulement ABMN selon un dispositif en principe rectiligne (déviations maximum tolérée 10°).</li> <li>• Dispositif ABMN symétrique.</li> <li>• Longueur MN &lt; AB/5.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et V/I à 3 % près.</li> <li>• Géométrie du dispositif connu à 5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 résistivimètre.</li> <li>ou</li> <li>• 1 ensemble d'appareils - voltmètre-ampèremètre, avec système s'affranchissant de la PS.</li> <li>• électrodes.</li> <li>• Câble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma implantation.</li> <li>• Feuille de mesure, contenant géométrie I et <math>\Delta V</math>.</li> <li>• Diagramme Bilog, courbe expérimentale de SE.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparer les sondages électriques entre eux.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique et avec le résultat d'autres méthodes de reconnaissance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'abaques.</li> <li>• 1 logiciel d'interprétation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution verticale de résistivité compatible avec les courbes expérimentales.</li> <li>• Coupes ou cartes d'isoresistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (implantation de forage, s'il y a lieu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et/ou coupes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>



## ANNEXE 4

### TABLEAU DE CORRESPONDANCE À L'USAGE DES AUDITEURS

<b>Norme EN 29001</b>	<b>Recommandations AQSGA</b>
0. Introduction	0. Introduction
1. Objet et domaine d'application	1. Objet et domaine d'application
1.1. Objet	1.1. Objet
1.2. Domaine d'application	1.2. Domaine d'application
2. Références	2. Références
3. Définitions	3. Définitions
4. Exigences en matière de Système Qualité	4. Exigences en matière de Système Qualité
4.1. Responsabilités de la direction	4.1. Responsabilités de la direction
4.2. Système Qualité	4.2. Système Qualité
4.3. Revue de contrat	4.3. Maîtrise des offres et des contrats : conception des prestations
4.4. Maîtrise de la conception	" " "
4.5. Maîtrise des documents	4.4. Maîtrise des documents
4.6. Achats	4.5. Sous-traitances et achats
4.7. Produit fourni par l'acheteur	4.6. Produit et service fournis par le client
4.8. Identification et traçabilité du produit	4.7. Identification et traçabilité de la prestation de service
4.9. Maîtrise des procédés	4.8. Maîtrise des procédés
4.10. Contrôles et essais	4.9. Contrôles de la prestation de service en géophysique
4.11. Maîtrise des équipements de contrôle de mesure et d'essai	4.10. Maîtrise des équipements de mesure et de calcul
4.12. Etat des contrôles et des essais	4.11. Etat des contrôles
4.13. Maîtrise du produit non conforme	4.12. Maîtrise de la prestation de service non conforme
4.14. Actions correctives	4.13. Actions préventives
4.15. Manutention, stockage, conditionnement et livraison	4.14. Mise à disposition de la prestation de service
4.16. Enregistrements relatifs à la Qualité	4.15. Enregistrements relatifs à la Qualité
4.17. Audits Qualité internes	4.16. Audits Qualité internes
4.18. Formation	4.17. Recrutement et formation
4.19. Soutien après la vente	4.18. Présentation au client
4.20. Techniques statistiques	(sans objet)

# **GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE : CODE DE BONNE CONDUITE**

## **PARTIE 2**

**Guide d'adéquation des méthodes et techniques géophysiques  
aux applications concernant le sol et le sous-sol**

**Mars 1992**

**Document établi par le groupement des partenaires :**

**BRGM**

**COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (CGG)**

**COMPAGNIE DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE FRANÇAISE (CPGF)**

**RÉSEAU DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, représenté par  
le LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES (LCPC)**

**avec l'aide de l'État français – MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
Sous Direction Qualité – Normalisation**

# GUIDE D'ADÉQUATION DES MÉTHODES ET TECHNIQUES GÉOPHYSIQUES AUX APPLICATIONS CONCERNANT DE SOL ET LE SOUS-SOL

Mars 1992

## AVERTISSEMENT

Ce document a été établi dans le cadre de l'opération "Partenariat 92", édition 1989, aidée par le Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire (sous-direction de la Qualité pour l'Industrie et de la Normalisation - SQUALPI), par le groupement des sociétés de service françaises en géophysique non pétrolière : BRGM-CGG-CPGF-LCPC. Les travaux du groupement se sont déroulés en 3 phases, sur une durée de 30 mois.

Le guide d'adéquation comprend le recensement et la classification des méthodes et techniques géophysiques d'une part, des applications usuelles d'autre part. L'essentiel est constitué de tableaux de notation par grands domaines d'application.

Il a été établi par les représentants du groupement ci-après :

- BRGM : D. ACHARD, chef du département géophysique.  
J. PERRIN, département géophysique.
- CGG : A. BOUVIER, département de géophysique générale.  
G. CLEMENT, chef du département de géophysique générale.
- CPGF : J. LAKSHMANAN, président-directeur général.  
Y. LEMOINE, directeur général.
- LCPC : R. LAGABRIELLE, chef de section géophysique appliquée.

## SOMMAIRE

### Pages

<b>1. Généralités</b>	<b>7</b>
<b>2. Contenu du guide</b>	<b>7</b>
<b>3. Méthodes géophysiques</b>	<b>7</b>
<b>4. Applications au sol et au sous-sol</b>	<b>8</b>
<b>5. Utilisation des tableaux</b>	<b>8</b>

**Tableau 1 : Géologie-Géothermie**

**Tableau 2 : Eaux souterraines**

**Tableau 3 : Mines et carrières**

**Tableau 4 : Génie civil**

**Tableau 5 : Environnement**



	Microgravimétrie	0-1
	Gravimétrie au sol	1-2-3
	Gravimétrie en forage	0-1
	Gravimétrie en mer	1-2-3
	Basse sismique	0-1-2
	Sondage sismique	0-1
	Sismique ordres de cisaillement	0-1
	Sismique réflexion aquatique	0-1-2
	Sismique haute résolution	2-3
	Sismique très haute résolution	1-2
	Sismique réflexion aquatique	1-2
	Sonar latéral	0
	Profil sismique vertical (PSV)	0-1-2
	Sismique en couches	1-2
	Tomographie sismique	0-1
	"Down-hole"/"Up-hole"	0
	"Cross-hole"	0
	Sismique passive	0
	Sismique ondes de tube	0
	Paramètres d'ébranlement	0
	Spectrométrie au sol	0
	Spectrométrie aéroportée	0
	Sondage électrique	0-1
	Sondage électrique long	1-2-3
	Trainé électrique	0-1-2
	Géodélectrique aquatique	0-1
	Sondage électrique PP	0-1-2
	Trainé PP	0-1-2
	Polarisation Spontanée (PS)	0-1-2
	Panneau électrique au sol	0-1
	Panneau électrique entre forages	0-1
	Magnétotellurique (MT)	1-2-3
	Audiomagnétotellurique (AMT)	0-1-2
	Résonnancémagnétotellurique (RMT)	0-1
	VLF sol	0-1
	VLF aéroporté	0-1
	EM sol à émetteur fixe	1-2
	EM forage à émetteur fixe	0-1
	EM sol à émetteur mobile	0-1
	EM forage émetteur mobile	0-1
	EM héliporté	0-1-2
	EM aéroportée	0-1-2
	Radar Géologique	0
	Radar de forage	0-1
	Magnétisme au sol	1-2-3
	Magnétisme aéroporté	1-2-3
	Magnétisme en forage	0-1
	Magnétisme en mer	1-2-3
	Thermographie infrarouge sol	0
	Thermographie infrarouge aér.	0
	Dia. gamma-gamma	
	Dia. neutron-neutron	
	Dia. neutron-gamma	
	Dia. gamma-ray naturel	
	Dia. gamma-ray sélectif	
	Dia. PS	
	Dia. monoelectrode	
	Dia. de résistivité normale	
	Dia. de résistivité localisée	
	Pendégamétrie	
	Imagerie électrique	
	Dia. PP	
	Dia. de conductivité	
	Dia. microsisimique	
	Dia. sonique	
	Dia. sonique multiparamètres	
	Imagerie acoustique	
	Dia. de débitmètre	
	Dia. de température du fluide	
	Dia. de résistivité du fluide	
	Dia. de diamètre	
	Trajectométrique	
	Dia. de cimentation	
	Caméra vidéo en forage	

**GUIDE D'ADEQUATION**

Technique considérée comme non applicable.  
 Technique d'emploi mal adapté sauf exception.  
 Technique d'emploi limité, utilité à justifier.  
 Technique d'emploi adapté mais potentiellement incomplète ou à combiner avec d'autres techniques géophysiques.  
 Technique généralement considérée comme fournissant une excellente approche.

Tableau 2 : EAUX SOUTERRAINES













# **GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE : CODE DE BONNE CONDUITE**

## **PARTIE 3**

**Recueil des Fiches Géophysiques**

**Mars 1992**

**Document établi par le groupement des partenaires :**

**BRGM**

**COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (CGG)**

**COMPAGNIE DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE FRANÇAISE (CPGF)**

**RÉSEAU DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, représenté par  
le LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES (LCPC)**

**avec l'aide de l'État français – MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
Sous Direction Qualité – Normalisation**

# RECUEIL DES FICHES GÉOPHYSIQUES

## AVERTISSEMENT

Ce document a été établi dans le cadre de l'opération "Partenariat 92", édition 1989, aidée par le Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire (sous-direction de la Qualité pour l'Industrie et de la Normalisation - SQUALPI, devenue Délégation interministérielle aux normes - DIN), par le groupement des sociétés de service françaises en géophysique non pétrolière : BRGM - CGG - CPGF - LCPC. Les travaux au groupement se sont déroulés en 3 phases, sur une durée de 30 mois.

Les fiches géophysiques ont pour objectif la standardisation des méthodes et techniques géophysiques usuelles. Elles sont révisables. De nouvelles fiches géophysiques peuvent être créés sur le même modèle.

Les fiches géophysiques sont identifiées par un numéro comprenant l'année d'édition, l'indice de révision et le code correspondant à la technique décrite. Elles ont été réalisées par des superviseurs géophysiciens familiers de chacune des méthodes, et avec la participation des représentants du groupement ci-après :

- BRGM : J. PERAGALLO, département géophysique.  
J. PERRIN, département géophysique.
- CGG : A. BOUVIER, département de géophysique générale.  
G. CLÉMENT, chef du département de géophysique générale.
- CPGF : J. LAKSHMANAN, président - directeur général.  
Y. LEMOINE, directeur général.
- LCPC : R. LAGABRIELLE, chef de la section de géophysique appliquée.

## 1. GÉNÉRALITÉS

Le présent guide est destiné à orienter l'utilisateur de géophysique appliquée. Toutefois, il ne constitue en aucun cas une règle stricte et ne saurait remplacer la phase de conception prévue par les recommandations pour la maîtrise des offres et des contrats, énoncées dans la première partie de ce code de bonne pratique.

Le choix d'une méthode géophysique et du programme technique ne peut être établi qu'après examen du problème posé, des données géologiques et des conditions d'environnement. Ce choix conduit à retenir le ou les paramètres physiques susceptibles de présenter un contraste suffisant pour répondre à l'objectif.

## 2. CONTENU DU GUIDE

Le guide, outre cette introduction, se présente essentiellement sous la forme de tableaux à double entrée :

- d'une part, les techniques géophysiques couramment utilisées (colonnes) regroupées par méthodes géophysiques ; ces techniques font l'objet de fiches géophysiques détaillées contenues dans la partie 3 de ce code de bonne pratique.
- d'autre part, les applications (lignes) ; le nombre important de ces dernières a nécessité l'établissement de cinq ensembles distincts.

## 3. MÉTHODES GÉOPHYSIQUES

Les principales méthodes utilisées en géophysique appliquée sont regroupées suivant le paramètre physique étudié et l'origine du champ mesuré.

GRUPE DE MÉTHODES	PARAMÈTRE PHYSIQUE ÉTUDIÉ	CHAMP MESURÉ	ORIGINE NATURELLE (N) ORIGINE ARTIFICIELLE (P)
Gravimétrie	Densité	Pesanteur	N
Sismique	Vitesse et/ou impédance acoustique des ondes mécaniques (vitesse x densité)	temps de trajet et ampli- tude des signaux transmis	P
Électrique en courant continu	Résistivité	Différence de potentiel	P
Magnétisme	Susceptibilité magnétique	Champ magnétique terrestre	N
Électromagnétisme	Résistivité et/ou constante diélectrique	Champ magnétique Champ électrique	N ou P
Radioactivité	Radioactivité des roches	Nbre d'événements	N ou P

Les diagrammes qui peuvent employer tout ou partie des méthodes précitées sont abordées dans les dernières colonnes des tableaux ci-après.

## 4. APPLICATIONS AU SOL ET AU SOUS-SOL

Cinq ensembles ont été constitués, chacun étant l'objet d'un tableau distinct :

- Géologie - géothermie.
- Eaux souterraines.
- Mines et carrières .
- Génie civil.
- Environnement.

Chaque ensemble d'applications comprend les applications au sol, en mer ou aériennes, ainsi que les applications en forage ou à partir de forages.

## 5. UTILISATION DES TABLEAUX

### SYSTÈME DE NOTATION

Chaque intersection des applications (lignes) avec les techniques géophysiques (colonnes) fait l'objet d'une notation de 0 à 4 selon les critères suivants :

- 0 - technique considérée comme non applicable.
- 1 - technique d'emploi mal adapté sauf exception.
- 2 - technique d'emploi limité, utilité à justifier.
- 3 - technique d'emploi adapté mais potentiellement incomplète ou à combiner avec d'autres techniques géophysiques.
- 4 - technique généralement considérée comme fournissant une excellente approche.

Les notes tiennent bien évidemment compte du contexte envisagé (géologie, environnement, cible visée) – une méthode inopérante dans une situation donnée pourra être bien adaptée à une autre situation.

Pour une application donnée, plusieurs méthodes pourront être recommandées. Là encore, suivant le cas à traiter, il conviendra d'opérer un choix en fonction des contraintes particulières au site ou au problème posé.

La notation a été établie après discussion de spécialistes des quatre prestataires de service en géophysique. Elle reflète leur opinion majoritaire : elle constitue une indication et n'est pas une référence absolue. Toute prestation de service comprend obligatoirement une phase de conception qui consiste d'abord à justifier la ou les techniques préconisées.

### PROFONDEUR D'INVESTIGATION

Au droit de chaque technique (colonnes) une indication de profondeur d'investigation est portée suivant les indications suivantes :

Code	Profondeur d'investigation
0	0 - 10 m (la dizaine de mètres)
1	10 - 100 m (quelques dizaines à la centaine de mètres)
2	100 - 500 m (quelques centaines de mètres)
3	> 500 m (plusieurs centaines à quelques milliers de mètres).

Les colonnes sur lesquelles ne figure aucun code correspondent aux techniques géophysiques en forage (diagraphies).

Le code est rappelé sur chaque fiche géophysique.



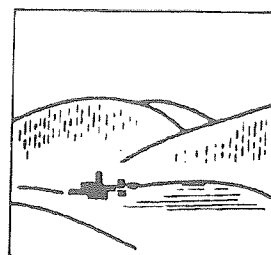
## CHAMP D'INVESTIGATION

Afin de ne pas alourdir la présentation du présent guide, la notion importante de surface d'investigation sur laquelle porte la géophysique n'est pas mentionnée au regard des applications.

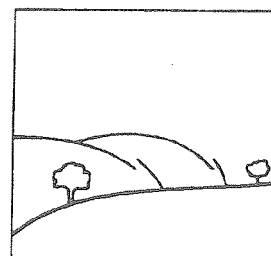
Cette notion sera formalisée en marge des fiches géophysiques à l'aide des pictogrammes ci-après.

### SIGNIFICATION DES PICTOGRAMMES UTILISÉS

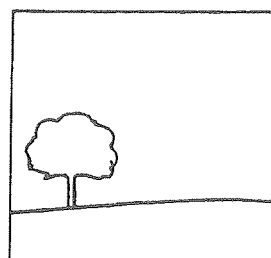
La centaine de km<sup>2</sup> et au-delà



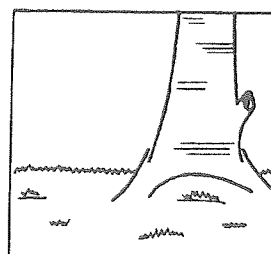
Quelques km<sup>2</sup>



L'hectare à quelques hectares



Local ou ponctuel (diagraphies/essais)



## LISTE DES FICHES GEOPHYSIQUES

### GRAVIMETRIE

Microgravimétrie	GRA01
Gravimétrie au sol	GRA02
Gravimétrie de forage	GRA03
Gravimétrie en mer	GRA04

### SISMIQUE REFRACTION

Base sismique	SIS01
Sondage sismique	SIS02
Sismique ondes de cisaillement	SIS03
Sismique réfraction aquatique	SIS04

### SISMIQUE REFLEXION

Sismique haute résolution	SIS11
Sismique très haute résolution	SIS12
Sismique réflexion aquatique	SIS13
Sonar latéral	SIS14
Profil sismique vertical (PSV)	SIS15

### SISMIQUE TRANSMISSION

Sismique en couche	SIS21
Sismique ondes de cisaillement	SIS22
Tomographie sismique	SIS23
Sismique "Down-hole"/"up-hole"	SIS24
Sismique "Cross-hole"	SIS25
Sismique parallèle	SIS26
Sismique ondes de tube	SIS27

### SISMIQUE VIBRATION

Paramètres d'ébranlement	SIS31
--------------------------	-------

### RADIOACTIVITE NATURELLE

Spectrométrie au sol	RAN01
Spectrométrie aéroportée	RAN02

### ELECTRIQUE EN COURANT CONTINU OU BASSE FREQUENCE

Sondage électrique	ELE01
Sondage électrique long	ELE02
Trainé électrique	ELE03
Géoélectrique aquatique	ELE04
Sondage électrique PP	ELE11
Trainé PP	ELE12
Polarisation spontanée (PS)	ELE21
Panneau électrique au sol	ELE31
Panneau électrique entre forages	ELE32

### ELECTROMAGNETISME AVEC SOURCES TRES ELOIGNEES

Magnétotellurique (MT)	EMA01
Audiomagnétotellurique (AMT)	EMA02
Radiomagnétotellurique (RMT)	EMA03
VLF sol	EMA04
VLF aéroporté	EMA05

## ELECTROMAGNETISME A EMETTEURS PROCHES

EM sol à émetteur fixe	EMA11
EM forage à émetteur fixe	EMA12
EM sol à émetteur mobile	EMA21
EM forage à émetteur mobile	EMA22
EM hélicopté	EMA23
EM aéroporté	EMA24
Radar géologique	EMA31
Radar de forage	EMA32

## MAGNETISME

Magnétisme au sol	MAG01
Magnétisme aéroporté	MAG02
Magnétisme en forage	MAG03
Magnétisme en mer	MAG04

## THERMIQUE

Thermographie infra-rouge sol	THE01
Thermographie infra-rouge aéroportée	THE02

## DIAGRAPHIES NUCLEAIRES PROVOQUEES

Diagraphie gamma-gamma	DIA01
Diagraphie neutron-neutron	DIA02
Diagraphie neutron-gamma	DIA03

## DIAGRAPHIES NUCLEAIRES NATURELLES

Diagraphie gamma-ray naturel	DIA11
Diagraphie gamma-ray sélectif	DIA12

## DIAGRAPHIES ELECTRIQUES (ELECTROMAGNETIQUES)

Diagraphie PS	DIA21
Diagraphie monoélectrode	DIA22
Diagraphie de résistivité normale	DIA23
Diagraphie de résistivité focalisée	DIA24
Pendagemétrie	DIA25
Imagerie électrique	DIA26
Diagraphie PP	DIA27
Diagraphie de conductivité	DIA28

## DIAGRAPHIES ACOUSTIQUES

Diagraphie microsismique	DIA31
Diagraphie sonique	DIA32
Diagraphie sonique multiparamètres	DIA33
Imagerie acoustique	DIA34

## DIAGRAPHIES TECHNIQUES

Diagraphie de débitmétrie	DIA41
Diagraphie de température du fluide	DIA42
Diagraphie de résistivité du fluide	DIA43
Diagraphie de diamètre	DIA51
Trajectométrie	DIA52
Diagraphie de cimentation	DIA53
Caméra vidéo en forage	DIA61

## MICROGRAVIMÉTRIE

**MÉTHODE :** Gravimétrie.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : Recherche de vides peu profonds (anciennes carrières, galeries, cavités karstiques) plus ou moins remblayés ou inondés ;

Mines : Recherche de filon et amas massifs et denses ; recherche de zones fracturées ou d'altération, peu denses.

Hydrogéologie : Zones karstiques et d'altération. Alluvions.

Environnement : Objet ou cible à détecter.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Présence d'un contraste de densité entre les différentes unités géologiques ou entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de densité. Fort relief, microséisme et bruits industriels.

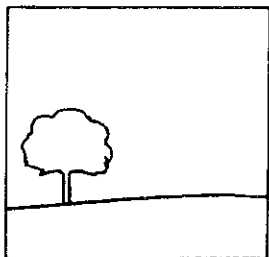
**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 50 m      **CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte de l'anomalie de Bouguer. Individualisation des différentes "anomalies" par établissement d'une carte d'anomalie résiduelle. Interprétation.

**PRINCIPE :**

Mesure de la valeur relative de la gravité à la surface du sol en vue d'établir la répartition des densités dans le sous-sol.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

COLLEY G.C. (1963) - The detection of caves by gravity measurements. *Geophys. Prosp.*, vol. XI, n° 1.

NEUMANN R. (1967) - La gravimétrie de haute précision. Application aux recherches de cavités. *Geophys. Prosp.*, vol. XV, n° 1.

LAKSHMANAN J. (1988) - Traitement et inversion des données gravimétriques : la microgravimétrie, son application aux recherches de vides. thèse, Institut national polytechnique de Lorraine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance (données de forage).

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie, base gravimétrique ou topographique (éventuellement), accès, situation, niveau de bruit.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Prospection gravimétrique de précision.

**VARIANTES :**

Gradient vertical. Endoscopie microgravimétrique (EMG). Microgravimétrie sous eau.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de vente à la station avec, éventuellement, différenciation des prix au niveau de l'interprétation (modélisation ...).

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 GRA 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse du contraste de densité.</li> <li>• Définir l'amplitude de l'anomalie attendue.</li> <li>• Fixer la maille de mesure.</li> <li>• Faire l'inventaire des sources parasites (caves, bâtiments ...).</li> <li>• Etablir le mode opératoire et prévoir le traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Précision du nivellement au cm près.</li> <li>• Correction topographique proche.</li> <li>• Au moins 20 % de stations reprises.</li> <li>• Etablissement d'un réseau de base(s) pour limiter la durée des programmes de mesure (moins de 60 minutes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien, topographe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 gravimètre Lacoste et Romberg (modèle D), dit "microgal"</li> <li>• 1 appareillage topo donnant Z au cm. (Théodolite ou niveau automatique).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de position des stations avec X, Y, Z.</li> <li>• Feuille de mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections (lunisolaire, topographique, Bouguer).</li> <li>• Erreur quadratique moyenne inférieure à la moitié de l'amplitude de l'anomalie attendue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciels.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte ou profil de l'anomalie de Bouguer.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'anomalie régionale.</li> <li>• Calcul de l'anomalie résiduelle.</li> <li>• Gradient vertical le cas échéant.</li> <li>• Individualisation des anomalies de densité.</li> <li>• Modélisation 2,5 D et 3 D, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils de l'anomalie résiduelle, avec mention de la densité choisie.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (sondages de reconnaissance).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils interprétatifs.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## GRAVIMÉTRIE AU SOL

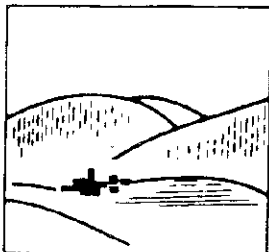
**MÉTHODE :** Gravimétrie.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Aide à la carte géologique, mise en évidence de grandes structures géologiques (bassins, dômes, rides, karst, graben ...)

Formations aquifères et réservoirs d'eau géothermale, structures pétrolières.

Minéralisations présentant un contraste de densité avec l'encaissant (charbon, sel, sulfures polymétalliques, ...).



**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Présence d'un contraste de densité entre les différentes unités géologiques, ou entre cible et encaissant.

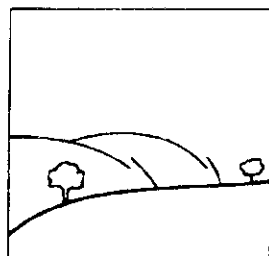
**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de densité.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 10 000 m      **CODE :** 1 - 2 - 3

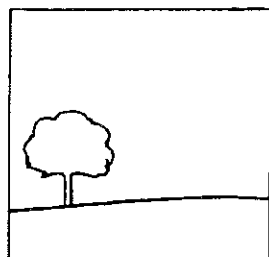
**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte de l'anomalie de Bouguer, individualisation des différentes unités géologiques par leur densité.



**PRINCIPE :**

Mesure de la valeur relative de la gravité à la surface du sol en vue d'établir la répartition des densités dans le sous-sol.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SCHOEFFLER J. (1975) - Gravimétrie appliquée aux recherches structurales et à la prospection pétrolière et minière. Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : documents topographiques disponibles, localisation x, y, z des stations et système de référence, bases gravimétriques de référence, accès.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Prospection gravimétrique.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de vente à la station de mesure et prix du traitement éventuel.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 GRA 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse du contraste de densité.</li> <li>• Définir la précision topographique nécessaire.</li> <li>• Fixer la maille de mesure.</li> <li>• Etablir le mode opératoire et prévoir le traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> <li>• Eventuellement carte d'implantation des stations.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Précision du nivellement en fonction de l'objectif.</li> <li>• Correction topographique en fonction du relief et du domaine d'application.</li> <li>• Minimum 5 % de stations reprises.</li> <li>• Rattachement à un réseau de bases pérennes.</li> <li>• Durée des programmes fonction du domaine d'application (moins de 24 h).</li> <li>• Contrôle de la dérive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> <li>• 1 équipe de topographie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 gravimètre étalonné régulièrement.</li> <li>• Appareillage topo type fonction de la précision recherchée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuille de mesure.</li> <li>• Carte de position des stations avec x y z.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections (lunisolaire, topographique, Bouguer).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte ou profil de l'anomalie de Bouguer.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'anomalie régionale.</li> <li>• Calcul de l'anomalie résiduelle.</li> <li>• Gradient vertical le cas échéant.</li> <li>• Mesures de densité sur échantillon.</li> <li>• Individualisation des différentes unités.</li> <li>• Modélisation 2,5 D et 3 D, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes de l'anomalie résiduelle et/ou du gradient.</li> <li>• Résultats des modélisations.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et coupes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## GRAVIMÉTRIE DE FORAGE

**MÉTHODE :** Gravimétrie.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherches pétrolières et minières : détermination des densités en place avec un rayon d'action jusqu'à une cinquantaine de mètres.

Stockage de gaz : variations de teneur en gaz.

Stockage de déchets : homogénéité de la formation hôte.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des variations de densité à proximité du forage.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage trop petit (diamètre de moins de 5").

Forage trop incliné ( $> 15^\circ$ ).

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 100 m

**CODE :** 0-1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Répartition des densités de la formation pour chaque intervalle de mesure, en général tous les 5 m.

**PRINCIPE :**

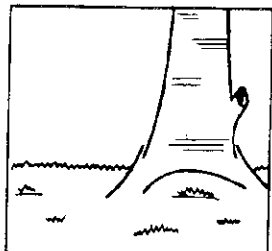
Mesure de la valeur relative de la gravité  $g$  en divers points du forage. La densité apparente est proportionnelle au gradient vertical de  $g$ . La sonde est accrochée à l'extrémité d'un câble de diagraphie.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SMITH N.J. (1950) - The case for gravity data from boreholes. *Geophysics*, vol. XI, n° 4.

GROURNAY L.S. and MAUTER P.E. (1982) - Detection of bypassed gaz using borehole gravimeter and pulsed neutron capture logs. *Log analyst*, May-June 1982.

(1991) - Deep Density Borehole Gravity Logging, EDCON INC.



**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : opération conjointe avec diagraphies de forage.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Borehole gravity meter (BHGM).

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Journée avec supplément par mesure.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 GRA 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir la faisabilité de l'étude, modélisation éventuelle.</li> <li>• Définir l'espacement des mesures.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel pour modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesures répétées toutes les heures pour contrôle de la dérive.</li> <li>• Mesure de profondeur à 0,5% près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> <li>• 1 électronicien (équipe doublée si la durée des mesures le nécessite).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 gravimètre de forage étalonné.</li> <li>• 1 système de contrôle de la profondeur.</li> <li>• Treuil et camion de logging.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuilles de mesures (g et z).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections de la dérive.</li> <li>• Analyse des enregistrements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeurs corrigées de g.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeur de densité.</li> <li>• Modèle de densités.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Valider le modèle géologique proposé.</li> <li>• Commenter les résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle validé.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## GRAVIMÉTRIE EN MER

**MÉTHODE :** Gravimétrie.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Géologie : Extension en mer des études gravimétriques terrestres, à but structural. Prospection pétrolière et minière.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Présence d'un contraste de densité entre les différentes unités géologiques.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de densité.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 10 000 m

**CODE :** 1-2-3.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Cartes de l'anomalie de Bouguer en milligals, avec traitement éventuel.

**PRINCIPE :**

Mesure en continu de la valeur relative de la gravité. Les corrections nécessitent de connaître la position et la vitesse du navire.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SCHOEFFLER J. (1975) - Gravimétrie appliquée aux recherches structurales et à la prospection pétrolière et minière. Technip.

LACOSTE L., CLARKSON N. and HAMILTON G. (1967) - Lacoste and Romberg stabilized platform shipboard gravity meter. *Geophysics*, vol. XXXII, n° 1.

HERRING A.T., LAFEHR T.R. (1976) - Geologic implications of filtering shipborne gravity measurements. SEG 45th meeting, Denver, Colorado.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : bathymétrie, contexte météorologique.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Gravimétrie de pont.

**VARIANTES :**

Gravimétrie de fond.

**UNITÉ DE PRIX :**

La journée en mer, avec supplément par km pour le traitement.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 GRA 04	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse du contraste de densité.</li> <li>• Définir l'amplitude de l'anomalie attendue.</li> <li>• Vérifier que le positionnement et la bathymétrie sont compatibles avec le problème posé.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> <li>• Logiciel pour modélisation 2D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement simultané de la valeur de g, du positionnement et de la bathymétrie.</li> <li>• Précision requise : 1 milligal.</li> <li>• Contrôle des intersections de profils.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 gravimètre de pont.</li> <li>• Moyens précis de navigation</li> <li>• Bathymétrie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des données.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections de la hauteur de mer.</li> <li>• Corrections d'Eotvös liées au déplacement du navire.</li> <li>• Corrections de Bouguer liées à la densité des sédiments sous la mer.</li> <li>• Corrections latérales de terrain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte de l'anomalie à l'air libre (sans tenir compte de la densité des sédiments).</li> <li>• Carte de l'anomalie de Bouguer.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'anomalie régionale.</li> <li>• Calcul de l'anomalie résiduelle.</li> <li>• Gradient vertical le cas échéant.</li> <li>• Individualisation des différentes unités.</li> <li>• Modélisation 2,5 D et 3 D, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte de l'anomalie résiduelle et/ou du gradient.</li> <li>• Résultats des modélisations.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## BASE SISMIQUE

**MÉTHODE :** Sismique réfraction.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

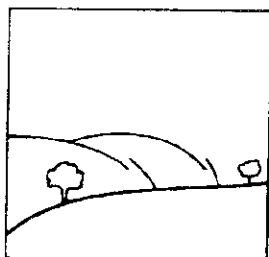
Reconnaissance d'aquifères, de substratum rocheux, de zones fracturées ou karstiques, de terrains rippables.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe une distribution des vitesses sismiques (ondes P) croissante avec la profondeur.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Distribution de vitesse non croissante avec la profondeur, ou forte inclinaison des couches par rapport à la surface du sol. Site trop bruyant.



**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 200 m

**CODE :** 0 - 1 - 2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol individualisées par leur épaisseur et leur vitesse d'ondes mécaniques de compression longitudinale (ondes P).

**PRINCIPE :**

Mesure des temps de trajets dans les matériaux d'une impulsion mécanique de compression entre une source sismique située en surface et des récepteurs (géophones) également placés en surface pour des distances croissantes entre l'impulsion et les récepteurs.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

BERTIN J. (1981) - Prospection électrique et sismique. *La pratique des sols et fondations*, chapitre 22. Ed. Moniteur.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : accès, topographie, urbanisation.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Profil sismique réfraction (nom pouvant varier selon le type de source : explosif, marteau, etc.). Dispositif sismique.

**VARIANTES :**

Sismique transposée, bloc sismique.

Sismique réfraction onde S.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix fonction de la longueur de la base, du nombre de tirs et du nombre de géophone. Prix en régie ou à la base sismique.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse des couches non verticales (angle limite) et celle des contrastes de vitesses (vitesses croissantes avec la profondeur).</li> <li>• Définir longueur de la base (au moins 12 géophones), espacement entre géophones et nombre de tirs (au moins 5 tirs).</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur de base suffisante pour profondeur d'investigation donnée.</li> <li>• Minimum 5 tirs par base : tirs directs et inverse, tir intermédiaire et tirs lointains avec offset suffisant pour détermination du marqueur rapide.</li> <li>• Géophones et points de tir alignés et positionnés.</li> <li>• Mesure des temps à <math>\pm 0,5</math> milliseconde.</li> <li>• Epaisseur suffisante des horizons recherchés par rapport à la profondeur (au moins 3 points par dromochronique).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> <li>• 1 boute-feu si utilisation d'explosif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Source sismique adaptée.</li> <li>• Enregistreur sismique avec : visualisation des signaux, 12 canaux minimum, voie de déclenchement (TB).</li> <li>• Géophones et flûtes sismique (câbles).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation.</li> <li>• Film avec arrivées premières ou signaux sur support numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pointé des arrivées premières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, si nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dromochroniques.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des vitesses sismiques et des épaisseurs de couche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, éventuellement logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe sismique intégrant la topographie et les horizons définis par leur épaisseur et leur vitesse.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe sismique interprétative</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SONDAGE SISMIQUE

**MÉTHODE :** Sismique réfraction.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : étude de tracés routiers.

Hydrogéologie - Carrières : Recherche d'un substratum de vitesse sismique élevée à faible profondeur.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Etude des variations de vitesse sismique de la partie supérieure du sous-sol (en général inférieure à 10 m), lorsque les couches sont subhorizontales.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Site trop bruyant.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 20 m

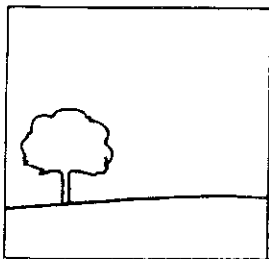
**CODE :** 0 - 1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol individualisées par leur épaisseur et leur vitesse d'ondes mécaniques de compression longitudinales (ondes P), reliant différents sondages sismiques.

**PRINCIPE :**

A partir d'un géophone fixe, une source sismique (masse ou détonateur) est déplacée tous les 1 m à 5 m. Les temps de propagation permettent de construire un graphique temps-distance.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

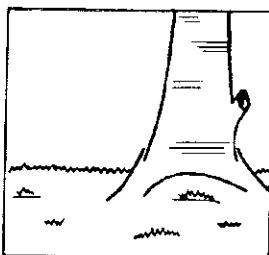
BERTIN J. (1981) - Prospection électrique et sismique. *La pratique des sols et fondations*, chapitre 22. Ed. Moniteur.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : nature des terrains superficiels.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le sondage sismique.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse des couches non verticales (angle limite) et celle des contrastes de vitesses (vitesses croissantes avec la profondeur).</li> <li>• Choisir le dispositif et le type de source.</li> <li>• Prévoir le nombre de sondages sismiques nécessaire à la réalisation d'une coupe sismique.</li> <li>• Etablir le mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenir des arrivées d'ondes identifiables à toutes les distances du dispositif.</li> <li>• S'assurer que la première arrivée correspond bien à l'onde de compression (P).</li> <li>• Mesurer les temps à <math>\pm 1</math> ms.</li> <li>• Pointé des arrivées premières dès la mesure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• aides.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur sismique.</li> <li>• 1 géophone</li> <li>• Source sismique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sismique.</li> <li>• Implantation topographique des points de mesure.</li> <li>• Courbes Dromochroniques.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des vitesses sismiques et des épaisseurs de couche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe profondeur.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## SISMIQUE RÉFRACTION AQUATIQUE

### MÉTHODE :

Sismique réfraction.

### DOMAINE D'APPLICATION :

Géologie, granulats, paléovallées, niveaux de fondations. Aptitude au dragage, à l'ensouillage, au déroctage, recherche du substratum rocheux.

### CONDITIONS D'APPLICATION :

Reconnaissance du sous-sol subaquatique lorsqu'il existe une distribution des vitesses sismiques (ondes P) croissantes avec la profondeur.

### INTERDIT D'APPLICATION :

Distribution de vitesse sismique non croissante avec la profondeur. Forte inclinaison des couches par rapport à la surface du fond.

PROFONDEUR D'INVESTIGATION: 0 - 200 m

CODE: 0 - 1 - 2

### RÉSULTAT FOURNI :

Description des couches du sous-sol subaquatique individualisées par leur épaisseur et leur vitesse des ondes mécaniques de compression (ondes P).

### PRINCIPE :

Mesure des temps de trajets dans les matériaux d'une impulsion mécanique de compression entre une source sismique, un récepteur posé ou non sur le fond (géophone ou hydrophone) pour des distances croissantes entre l'impulsion et les récepteurs.

### INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :

LAVERGNE M. (1986) - Méthodes sismiques (principes généraux). Technip.

### RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles: contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique: données bathymétriques, courant, salinité de l'eau.

### AUTRES APPELLATIONS :

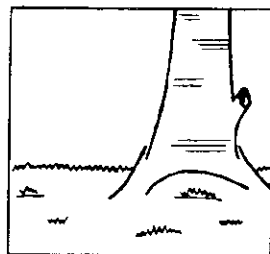
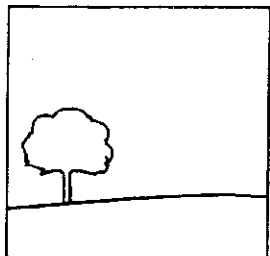
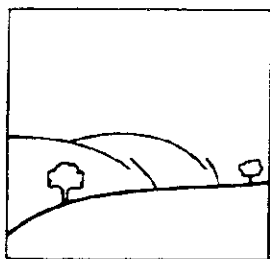
Néant.

### VARIANTES :

Néant.

### UNITÉ DE PRIX :

Prix par dispositif fonction de leur longueur. Prix en régie avec stand-by météo.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



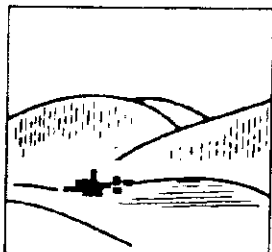
92.1 SIS 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechercher une embarcation adaptée.</li> <li>• Définir la source et sa puissance.</li> <li>• Vérifier hypothèse de couches sub-horizontales.</li> <li>• Vérifier les contrastes de vitesse.</li> <li>• Fixer la longueur des dispositifs.</li> <li>• Définir le mode de positionnement.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epaisseur suffisante des horizons recherchés en fonction de la profondeur (3 points au moins par dromochronique).</li> <li>• Longueur totale des dispositifs suffisante pour mettre en évidence plusieurs terrains s'ils existent.</li> <li>• Tirs directs et inverses.</li> <li>• Mesure des temps à <math>\pm 0,5</math> ms.</li> <li>• Positionnement du dispositif avec une précision adaptée à l'objectif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien et/ou</li> <li>• 1 opérateur qualifié</li> <li>• 1 équipage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 embarcation</li> <li>• 1 système de positionnement.</li> <li>• Capteurs étanches (géophones ou hydrophones).</li> <li>• 1 source sismique</li> <li>• 1 enregistreur sismique avec visualisation des signaux et voie de déclenchement distincte (TB).</li> <li>• 1 système de bathymétrie s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation.</li> <li>• Film avec arrivée première ou signaux sur support numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pointé des arrivées premières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, si nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dromochroniques.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des vitesses sismiques et des épaisseurs de couche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, éventuellement logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe sismique intégrant la topographie et les horizons définis par une épaisseur et une vitesse.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe sismique interprétative.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE HAUTE RÉOLUTION

**MÉTHODE :** Sismique réflexion.

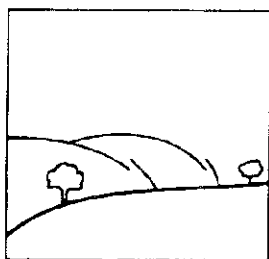
**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche de structures profondes (hectométrique à kilométrique) : eau, géothermie, gisement de type sédimentaire.  
Recherche minière (charbon, sels).  
Tracés de tunnel, galerie, etc. - Stockage souterrain.



**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes d'impédance acoustique (vitesse sismique et/ou densité) permettant d'obtenir de bons réflecteurs.



**INTERDIT D'APPLICATION :**

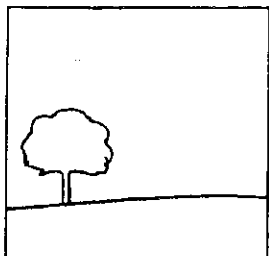
Pendage des couches supérieur à 60°.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 100 - 1 000 m

**CODE :** 2 - 3

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image détaillée de l'extension structurale horizontale et verticale des différents horizons géologiques réflecteurs (coupe ou section temps).



**PRINCIPE :**

Analyse des temps mis par les ondes longitudinales pour se propager entre la surface et une série de réflecteurs. Les profondeurs sont liées aux temps de trajets (coupe-temps).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

CLÉMENT C., LARROQUE M. (1987) - Exemple d'application de la sismique réflexion haute résolution aux études hydrogéologiques. *Revue du Génie Rural*.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie, accès, urbanisation.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Sismique HR.

**VARIANTES :**

Sismique HR aquatique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de l'acquisition en régie (ou au km de profil sismique).

Prix du traitement au point de tir.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 11	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse de couches peu redressées et les contrastes d'impédance acoustique (calcul d'un film synthétique si nécessaire).</li> <li>• Choisir les paramètres d'acquisition : source, nombre de géophones et écartement des traces sismiques, degré de couverture (simple ou multiple), échantillonnage, durée d'enregistrement.</li> <li>• Prévoir les paramètres de traitement.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> <li>• Film synthétique, le cas échéant.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser un tir de bruit afin d'optimiser les paramètres d'acquisition : offset, intertrace, nombre de géophones par trace, filtrage, énergie de la source.</li> <li>• Etudier le terrain superficiel (WZ).</li> <li>• Faire un lever topographique.</li> <li>• Enregistrer en numérique les signaux sismiques à un pas d'échantillonnage <math>\leq 2</math> ms.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien, chef de mission.</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• 1 topographe, si nécessaire.</li> <li>• 1 boute-feu, si nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur sismique numérique, avec sortie graphique.</li> <li>• Source adaptée.</li> <li>• Flûte multitrace (<math>n \times 24</math>).</li> <li>• Géophones.</li> <li>• Logiciel(s) adapté(s).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements bruts.</li> <li>• Rapport d'opération.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections statiques et dynamiques.</li> <li>• Traitements spécifiques au dispositif d'enregistrement et adaptés aux données acquises.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien spécialiste du traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériel informatique.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes temps (sections sismiques traitées).</li> <li>• Description de la séquence des traitements effectués.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des marqueurs et des structures sismiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sections sismiques interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE TRÈS HAUTE RÉOLUTION

**MÉTHODE :** Sismique réflexion.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherches de détail pour structures superficielles (30-150 m), en particulier pour l'eau, les gisements de type sédimentaire, les tracés de tunnel, galeries, fondation profondes et les stockages souterrains.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol dans le cas où il existe un contraste d'impédance acoustique (vitesse et/ou de densité) entre formations adjacentes.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Pendages des couches supérieur à 60°.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 30 - 150 m

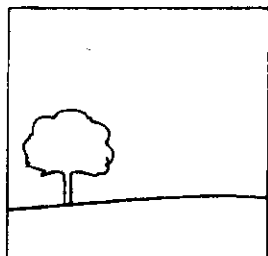
**CODE :** 1 - 2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image détaillée de l'extension structurale, horizontale et verticale d'horizon(s) géologique(s) réflecteur(s).

**PRINCIPE :**

Analyse des temps mis par les ondes longitudinales pour se propager entre la surface et des horizons réflecteurs situés entre 30 et 150 mètres. Les profondeurs sont liées aux temps de trajets (coupe-temps).



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

HUNTER J.A., S.E. PULLAN (1987) - Applications of a shallow seismic reflection method to groundwater and engineering studies. Proceedings of exploration. *Geological Survey*, n° 3, Ontario.

LYSIAK J.L. (1990) - Etude de génie civil par sismique réflexion haute résolution : traitement. *Géologues. Revue de l'UFG*, n° 93.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : accès, topographie, urbanisation.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Sismique THR.

**VARIANTES :**

Sismique réflexion "iso offset".

Sismique THR aquatique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de l'acquisition en régie (ou au km de profil sismique).

Prix du traitement au point de tir.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 12	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse de couches peu redressées et les contrastes d'impédance acoustique (calcul d'un film synthétique si nécessaire).</li> <li>• Choisir les paramètres d'acquisition : source, nombre de géophones et écartement des traces sismiques, degré de couverture (simple ou multiple), échantillonnage, durée d'enregistrement.</li> <li>• Prévoir les paramètres de traitement.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> <li>• Film synthétique, le cas échéant.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser un tir de bruit afin d'optimiser les paramètres d'acquisition : offset, intertrace, nombre de géophones par trace, filtrage, énergie de la source.</li> <li>• Etudier le terrain superficiel (WZ).</li> <li>• Faire un lever topographique.</li> <li>• Enregistrer en numérique les signaux sismiques à un pas d'échantillonnage <math>\leq 1</math> ms.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien, chef de mission.</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• 1 topographe, si nécessaire.</li> <li>• 1 boute-feu, si nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur sismique numérique, avec une dynamique de 16 bits et une sortie graphique.</li> <li>• Source adaptée.</li> <li>• Flûte 24, 48 ou 96 traces</li> <li>• Géophones.</li> <li>• Logiciel(s) adapté(s).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements bruts.</li> <li>• Rapport d'opération.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections statiques et dynamiques.</li> <li>• Traitements spécifiques au dispositif d'enregistrement et adaptés aux données acquises.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien spécialiste du traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériel informatique.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes temps (sections sismiques traitées).</li> <li>• Description de la séquence des traitements effectués.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des marqueurs et des structures sismiques.</li> <li>• Evaluation des profondeurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériel informatique.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sections sismiques interprétées et coupes profondeurs.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE RÉFLEXION AQUATIQUE

**MÉTHODE :** Sismique réflexion.

### DOMAINE D'APPLICATION

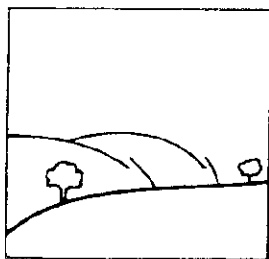
Reconnaissance des sédiments superficiels (géométrie des dépôts et corrélations), aménagement du littoral et des embouchures, implantation d'ouvrages en mer, cartographie des fonds, recherche de granulats.

### CONDITIONS D'APPLICATION

Reconnaissance du sous-sol subaquatique dans le cas où existent des contrastes d'impédance acoustique permettant d'obtenir de bons réflecteurs.

### INTERDIT D'APPLICATION

Fond à pente abrupte ou ravinée, tranche d'eau insuffisante.



**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 10 - 200 m

**CODE :** 1 - 2

### RÉSULTAT FOURNI :

Image sismique représentant la géométrie des dépôts sédimentaires (épaisseur, profondeur) du sous-sol subaquatique.

### PRINCIPE :

La juxtaposition et la mise en phase des signaux réfléchis au cours des tirs successifs fournit une image, en temps de propagation, de la géométrie des discontinuités d'impédance acoustique (interfaces de couches).

### INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :

LEENHARDT O. (1972) - Le sondage sismique continu. Masson.

LE TIRANT P. (1976) - Reconnaissance des sols en mer pour l'implantation d'ouvrages pétroliers. Technip.

### RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : données bathymétriques, salinité de l'eau, courants.

### AUTRES APPELLATIONS :

Suivant le type de source : étinceleur ("Sparker"), boomer, flexichoc...

### VARIANTES :

Sondeur de vase, sondeur de sédiment (appellation impropre ("mud penetrator"), dalle piézoélectrique.

### UNITÉ DE PRIX :

Prix au kilomètre ou en régie avec stand-by météo.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 13	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechercher une embarcation adaptée.</li> <li>• Définir la source et sa puissance.</li> <li>• Définir le dispositif d'acquisition en particulier flûte marine (streamer).</li> <li>• Définir le mode de positionnement.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler le rapport signal/bruit.</li> <li>• Vérifier l'identification de l'objectif.</li> <li>• Positionner le bateau en temps réel.</li> <li>• Réaliser un lever bathymétrique en temps réel, s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien et/ou</li> <li>• 1 opérateur qualifié</li> <li>• 1 équipage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 source sismique adaptée.</li> <li>• 1 flûte monotrace ou multitrace.</li> <li>• 1 chaîne d'acquisition analogique ou numérique.</li> <li>• 1 embarcation</li> <li>• 1 système de positionnement.</li> <li>• 1 système de bathymétrie s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Section de bord monotrace.</li> <li>• Enregistrement des données.</li> <li>• Plan de positionnement.</li> </ul>
<b>Traitement de données (option, si acquisition numérique)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrage, traitement antimultiple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien spécialiste du traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens informatiques,</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe temps (section sismique traitée).</li> <li>• Description de la séquence des traitements effectués.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des marqueurs et des structures sismiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe temps interprétée.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SONAR LATÉRAL

**MÉTHODE :** Sismique réflexion.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Nature des matériaux, constructions immergées, enrochements, recherche d'épaves, surveillance de conduites et de câbles.  
Couverture végétale, suivi de nuages de matières en suspension, nodules, archéologie du fond.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

En milieu aquatique, reconnaissance de la nature des fonds. Appréciation de la dimension des structures immergées.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Eaux très chargées, bouchons vaseux.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** nulle

**CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Film rendant compte des unités et éléments repérés et éventuellement dimensionnés.

**PRINCIPE :**

Emission d'ondes ultra-sonores (20-500 kHz) à balayage latéral et réception après réflexion sur le fond ou sur autre structure présente entre deux eaux.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LE TIRANT P. (1976) - Reconnaissance des sols en mer pour l'implantation d'ouvrages pétroliers. n° 21, Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultats d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : Profondeur du fond, plan des installations immergées.

**AUTRES APPELLATIONS :**

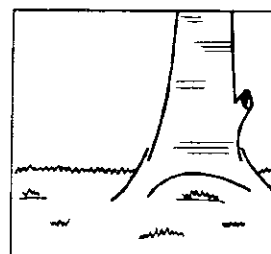
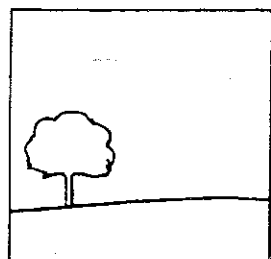
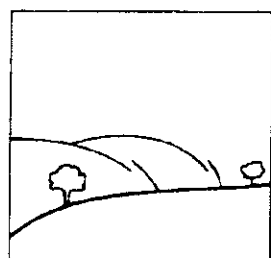
Side scan sonar - échographie latérale.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

La journée (régie), la surface explorée, la longueur de profil, ou au forfait, avec stand-by météo.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 SIS 14	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir le nombre de profils, la distance entre profils et la longueur des profils. Prévoir la profondeur du "poisson".</li> <li>• Préciser la fréquence d'émission utilisée.</li> <li>• Déterminer le nombre des contrôles de vitesse du son dans l'eau.</li> <li>• Détailler la méthode de positionnement.</li> <li>• Préciser le type d'embarcation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couverture complète de la zone d'investigation par deux passages minimum avec un angle de vue différent.</li> <li>• Mesure de la vitesse du son dans l'eau.</li> <li>• Positionnement repéré sur les enregistrements graphiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> <li>• 1 équipage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 émetteur récepteur d'ondes ultra-soniques multidirectionnel (poisson).</li> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 système de positionnement.</li> <li>• 1 embarcation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte de positionnement.</li> <li>• Enregistrement graphique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision des enregistrements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte interprétative avec nature et dimension des structures.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## PROFIL SISMIQUE VERTICAL

**MÉTHODE :** Sismique réflexion.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Etude de la structure détaillée du sous-sol au voisinage d'un forage.

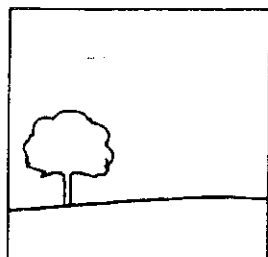
**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Existence d'un forage permettant le passage et le couplage d'une sonde sismique ; existence d'un contraste d'impédance acoustique dans les terrains avoisinants.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Mauvais couplage tubage terrain si le forage est tubé.

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 500 m **CODE :** 0 - 1 - 2

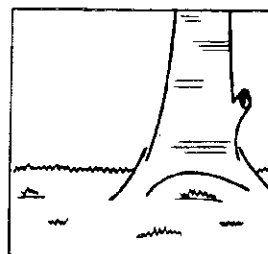
**RÉSULTAT FOURNI :**  
Image du sous-sol au voisinage du forage ou à distance quand la source sismique est déportée.  
Relation temps/profondeur permettant un calage des diagraphies soniques ou de sections sismiques.

**PRINCIPE :**  
Une source sismique, placée à la surface ou au voisinage de la surface, est activée et les ondes émises sont reçues par une ou plusieurs sondes à 1 ou 3 composantes placées dans un forage. Ceci est répété après avoir déplacé la ou les sondes d'un intervalle de l'ordre de 5 m. Le fait d'amener le capteur près de l'objet réduit l'atténuation des hautes fréquences sismiques parce que le signal ne traverse qu'une fois les formations superficielles : la résolution s'en trouve donc améliorée.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
HARDAGE B.A. (1983) - Vertical seismic profiling. Seismic I: Seismic exploration. Part A: Principles. Geophysical Press, London-Amsterdam.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultats d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : conditions de forage (profondeur, diamètre, niveau de la boue, inclinaison ...). Si possible, l'image d'une section sismique située au droit du puits ou à proximité.



**AUTRES APPELLATIONS :**  
PSV (Profil Sismique Vertical).  
PSV à source déportée ou PSO (Profil Sismique Oblique).  
Profil sismique de puits  
Walkaway quand la source se déplace.

**VARIANTES :**  
Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**  
Prend en compte : la profondeur liée à l'utilisation du câble (en mètres).  
les mesures liées au nombre de niveaux.  
la source sismique.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 15	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les coordonnées X, Y, Z en tout point du forage.</li> <li>• Modélisation en cas de structure complexe.</li> <li>• Choix du type de dispositif (PSV, PSO ...).</li> <li>• Choix des paramètres (émission-réception).</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calculs et logiciel, si nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> <li>• Résultat de la modélisation s'il y a lieu.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle de la position de la sonde et des paramètres d'enregistrement.</li> <li>• Lever topographique, en cas de PSO ou de PSV-Walkaway.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> <li>• 1 boute-feu, si nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 source sismique.</li> <li>• 1 enregistreur numérique avec sortie graphique.</li> <li>• 1 treuil adapté.</li> <li>• 1 sonde sismique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique.</li> <li>• Enregistrement numérique.</li> <li>• Rapport d'opération.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Séparation des ondes montantes et descendantes.</li> <li>• Elimination des ondes de tube.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien spécialiste du traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbes temps de trajet, fonction de la profondeur <math>T = f(P)</math>.</li> <li>• Séquence de traitement.</li> <li>• Restitution en coupe-temps.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des marqueurs et des structures sismiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Section sismique interprétée.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE EN COUCHE

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION**

Mines de charbon uniquement.

**CONDITIONS D'APPLICATION**

Existence d'un contraste d'impédance acoustique entre

- la veine de charbon d'épaisseur supérieure à 0,8 m et inférieure à 10 mètres (nécessité d'obtenir des ondes guidées).
- et ses épontes rigides (schistes, calcaires et grès).
- Isolement de la veine (autre veine à plus de 10 mètres).

**INTERDIT D'APPLICATION**

Environnement bruyé : nécessite l'arrêt de l'exploitation.

Objectif situé au-delà de 200 mètres du point de tir.

Epaisseur de la couche non compatible.

**RAYON D'INVESTIGATION :** jusqu'à 200 m

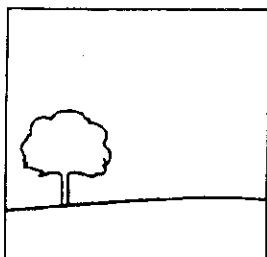
**CODE :** 1 - 2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Section sismique interprétée en plan de couche de charbon.

**PRINCIPE :**

Mesure des temps de propagation d'ondes sismiques guidées dans la couche de charbon pour déterminer la position des événements structuraux (faille).



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

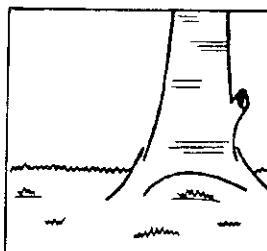
BUCHANAN D.J., LINDSEY, JACKSON I. (1986) - Coal Geophysics. Soc. of expl. Geophys., geophysical reprint series n° 6.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultats d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : accès, conditions de sécurité, logistique (220 volts, forage, topographie...).



**AUTRES APPELLATIONS :**

Tomographie sismique (appellation impropre).

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Forfait à l'opération pendant l'arrêt de l'exploitation.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 21	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier épaisseur et continuité de la couche et l'accessibilité.</li> <li>• Définir le nombre de tirs en fonction du temps disponible et du mètre à réaliser.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calculs éventuels (logiciel).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtention des vitesses de transmission (3 tirs minimum).</li> <li>• Intertrace adaptée à la résolution souhaitée.</li> <li>• Pas d'échantillonnage égal à 0,5 milliseconde.</li> <li>• Géophones bidirectionnels (X, Y) en forage de profondeur suffisante pour atteindre le charbon sain (2 mètres en général).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié ;</li> <li>• 1 boute-feu,</li> <li>• 1 électromécanicien ;</li> <li>• 1 topographe ;</li> <li>• 1 foreur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Source dynamite.</li> <li>• Enregistreur sismique numérique 48 traces, antidéflagrant,</li> <li>• Géophones bidirectionnels 30 Hz.</li> <li>• Flûte sismique (câble multiconstructeur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données topographiques (X, Y) de chaque point de tir et géophone.</li> <li>• Film analogique de contrôle.</li> <li>• Enregistrement numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement sismique réflexion pour une bande étroite de fréquence correspondant à la phase d'AIRY (énergie maximum/fréquence).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Section sismique traitée en plan.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repositionnement des accidents en distance.</li> <li>• Analyser des événements en fonction du contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe en plan du panneau exploité avec repérage des événements rencontrés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupe interprétative.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE ONDES DE CISAILLEMENT

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Barrages, galeries, centrales électriques, génie parasismique, état de fracturation de la roche.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol considéré comme homogène.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Matériau ne transmettant pas les ondes de cisaillement (ondes S ou transversales).

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 20 m

**CODE :** 0 - 1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Pour les matériaux non fluides du sous-sol, valeur des caractéristiques élastiques dynamiques (au moins la vitesse de cisaillement) et des caractéristiques d'atténuation dans certains cas.

**PRINCIPE :**

Mesure des temps de trajets dans les matériaux des ondes P et S générées par une source sismique située en surface à l'aide de récepteurs (géophones), également placés en surface ; mesure éventuelle des fréquences et des variations d'amplitude.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

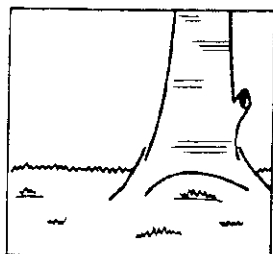
SJOGREN B. (1984) - Shallow Refraction seismics. University Press, Cambridge.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : état du sol ou du rocher.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Petite sismique, microsismique, sismique ondes S.

**VARIANTES :**

Dispositif linéaire, panneau de modules.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix fonction du type de dispositif, du nombre de points de mesure.

Prix en régie ou au dispositif.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 22	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse d'homogénéité du matériau.</li> <li>• Définir le dispositif (emplacement des géophones, nombre de tirs).</li> <li>• Établir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition du système de contrôle du temps zéro.</li> <li>• Echantillonnage &lt; 50 <math>\mu</math>s.</li> <li>• Définition de l'émission (ondes de cisaillement).</li> <li>• Procédure de comparaison des points d'impact ou des points de réception.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Source sismique adaptée.</li> <li>• Géophones adaptés (au moins bidirectionnels).</li> <li>• Enregistreur sismique avec : visualisation des signaux, voie de déclenchement (TB).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation.</li> <li>• Film avec arrivées premières et secondes ou signaux sur support numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pointé des arrivées premières et secondes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, si nécessaire logiciel de traitement du signal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaux traités, restitués et assemblés.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des vitesses sismiques de cisaillement</li> <li>• Eventuellement calcul des paramètres élastiques dynamiques, après évaluation de la densité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, éventuellement logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeur des vitesses sismiques P et S.</li> <li>• Valeurs des paramètres élastiques dynamiques.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## TOMOGRAPHIE SISMIQUE

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION**

Génie Civil : Fondations, structures, injections, modifications dues aux tirs de mines.

Géologie - Géothermie : Fracturation, modifications dues au pompage thermique.

Prospection minière.

Stockage souterrain.

**CONDITIONS D'APPLICATION**

Existence de forages ou de galeries. Contrastes de propriétés élastiques des matériaux.

**INTERDIT D'APPLICATION**

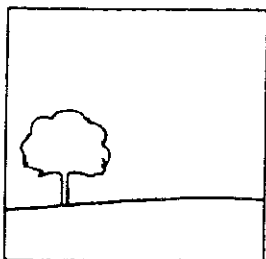
Environnement à fort bruit sismique.

Mauvais couplage tubage-terrain si le forage est tubé.

**ZONE D'INVESTIGATION :** délimitée par le dispositif de mesure. **CODE :** 0 - 1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Coupes de vitesses sismiques d'ondes de compression et/ou de cisaillement, coupes de coefficients d'élasticité, coupes de facteurs de qualité sismique (une ou plusieurs de ces coupes).



**PRINCIPE :**

La tomographie sismique reconstruit une image de la structure interne du sol à partir des temps de trajets, amplitudes ou temps de montée d'ondes sismiques qui se propagent le long de rais sismiques à l'intérieur d'une section définie par des forages, galeries ou la surface du sol.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

BOIS *et al.* (1971) - Essai de détermination automatique des vitesses sismiques par mesures entre puits. *Géophys. Prosp.*, vol. XIX, n° 1.

SASSA *et al.* (1988) - Suggested methods for seismic testing within and between boreholes. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomec.*, vol. 25, n° 6.

NOLET G. (1987) - Seismic Topography with Applications in Global Seismology and Exploration Geophysics. D. Reidel Publishing Company.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultats d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : description de l'environnement (forages, galeries, bruit sismique).

**AUTRES APPELLATIONS :**

Panneau sismique,

Tomographie acoustique (appellation impropre).

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Au rai sismique (nombre de couples émetteur-récepteur).

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 SIS 23	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'existence probable de contrastes de propriétés élastiques.</li> <li>• Eventuellement effectuer une simulation.</li> <li>• Prévoir la détermination de la géométrie des dispositifs émetteurs-récepteurs.</li> <li>• Tenir compte du diamètre, de la présence ou non d'eau, du type de tubage pour choisir les sources et les récepteurs.</li> <li>• S'assurer que la géométrie du dispositif permet une distribution angulaire des rais sismiques suffisante.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventuellement logiciel de simulation..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité du couplage émetteur-récepteur terrain.</li> <li>• Déterminer la géométrie pour que la distance émetteurs-récepteurs soit connue avec une erreur inférieure à 3 %.</li> <li>• Vérifier que la précision du pointé est meilleure que 3 %.</li> <li>• Vérifier la qualité du système de déclenchement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 source sismique adaptée.</li> <li>• capteurs sismiques adaptés</li> <li>• 1 système d'acquisition numérique.</li> <li>• 1 système de visualisation multitraces permettant un pointé manuel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation des forages et/ou galeries.</li> <li>• Géométrie des dispositifs.</li> <li>• Signaux sismiques.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pointé des temps de trajet, des amplitudes ou des temps de montée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel de pointé assisté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps de trajets, amplitudes ou temps de montée.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul et représentation des images.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> <li>• Logiciel de tomographie</li> <li>• Logiciel graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image de la répartition des vitesses, coefficients d'élasticité ou facteur de qualité sismique.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE "DOWN-HOLE" / "UP-HOLE"

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Génie civil : génie parasismique.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Sol horizontalement stratifié.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Présence de discontinuités verticales.  
Mauvais couplage du tubage si le forage est tubé.

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 10 m

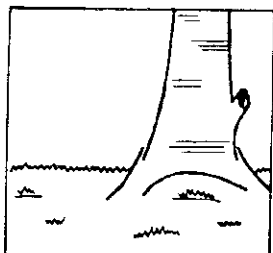
**CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**  
Répartition niveau par niveau des vitesses des ondes P et S, des modules d'Young et de cisaillement et du coefficient de Poisson.

**PRINCIPE :**  
Détermination niveau par niveau des vitesses des ondes de compression et de cisaillement entre 2 forages rapprochés.  
La source est fixe :  
- au fond du forage émetteur ("up-hole")  
- en haut ("down-hole")  
Le récepteur est mobile dans le forage de réception.  
Le dispositif est tel que les trajets sismiques sont presque verticaux.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
DAVIDOVICI V. (1984) - Génie parasismique. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : nature de l'ouvrage prévu, coupe géologique prévisionnelle.



**AUTRES APPELLATIONS :**  
Essai "down-hole", essai "up-hole".

**VARIANTES :**  
Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**  
Par mesure à une profondeur donnée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 24	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir l'écartement entre forages en fonction des vitesses en présence.</li> <li>• Prévoir le diamètre et l'équipement des forages.</li> <li>• Prévoir le mode de contrôle de l'inclinaison des forages.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité du système de déclenchement.</li> <li>• Vérifier l'existence d'ondes P et S.</li> <li>• Mesurer les temps d'arrivée avec une précision inférieure à 5 %</li> <li>• Mesurer les distances émetteur-récepteur avec une erreur inférieure à 3 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur numérique à 12 voies, avec échantillonnage <math>\leq 50 \mu s</math>.</li> <li>• Emission et réception d'ondes couplées au terrain.</li> <li>• Capteurs tridirectionnels.</li> <li>• 1 source sismique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sur papier de chaque signal.</li> <li>• Enregistrement numérique de chaque signal.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assemblage et filtrage des traces pour mise en évidence des ondes P et S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements assemblés par orientation de géophone.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des arrivées des ondes P et S.</li> <li>• Calcul des vitesses sismiques et des modules.</li> <li>• Corréler les paramètres obtenus avec les données géologiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbes de distribution verticale des vitesses et des modules.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE "CROSS HOLE"

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : génie parasismique. Prospection de détail entre forages.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Sol horizontalement stratifié.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Présence de discontinuités verticales.

Mauvais couplage du tubage si le forage est tubé.

**ZONE D'INVESTIGATION :** délimitée par le dispositif de mesure. **CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Répartition niveau par niveau des vitesses des ondes P et S, des modules d'Young et de cisaillement et du coefficient de Poisson.

**PRINCIPE :**

Détermination niveau par niveau des vitesses des ondes de compression et de cisaillement (ondes P et S) entre 2 ou 3 forages rapprochés. La source sismique et les récepteurs sont placés dans des forages différents à la même profondeur.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

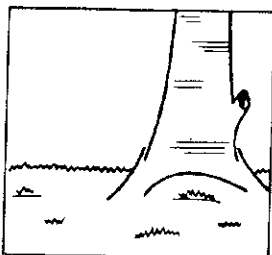
DAVIDOVICI V. (1984) - Génie parasismique. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : type et équipement des forages, coupe géologique prévisionnelle.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Essai "cross-hole".

**VARIANTES :**

"Cross-hole" réduit à l'obtention des ondes P.

**UNITÉ DE PRIX :**

Par mesure à une profondeur donnée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 25	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir l'écartement entre forages en fonction des vitesses en présence.</li> <li>• Prévoir le diamètre et l'équipement des forages.</li> <li>• Prévoir le mode de contrôle de l'inclinaison des forages.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité du système de déclenchement.</li> <li>• Vérifier l'existence d'ondes P et S.</li> <li>• Mesurer les temps d'arrivée avec une précision inférieure à 5 %.</li> <li>• Mesurer les distances émetteur-récepteur avec une erreur inférieure à 3 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur numérique à 12 voies, échantillonnage <math>\leq 50 \mu s</math>.</li> <li>• Emission et réception d'ondes couplées au terrain.</li> <li>• Capteurs tridirectionnels.</li> <li>• Source sismique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sur papier de chaque signal.</li> <li>• Enregistrement numérique de chaque signal.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assemblage et filtrage des traces pour mise en évidence des ondes P et S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel documenté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements assemblés par orientation de géophone.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des arrivées des ondes P et S.</li> <li>• Calcul des vitesses sismiques et des modules.</li> <li>• Corréler les paramètres obtenus avec les données géologiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbes de distribution verticales des vitesses, et des modules.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE PARALLÈLE

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Bâtiments et ouvrages d'art : contrôle non destructif d'une fondation profonde préexistante ; longueur de pieux, palplanches ; fissuration des pieux cassés.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un forage proche de la fondation investiguée, parallèle à celle-ci, et dépassant sa profondeur présumée.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Fondations en environnement soumis à fortes vibrations.

**ZONE D'INVESTIGATION :** délimitée par le dispositif de mesure. **CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Valeur de la cote inférieure d'une fondation verticale profonde, éventuellement sa continuité.

**PRINCIPE :**

Mesures du temps de parcours des ondes sismiques transmises le long d'une structure verticale enfouie et reçues dans un forage proche (éventuellement analyse du signal sismique).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

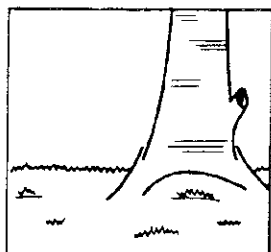
HURTADO J. (1979) - Mesure de la profondeur des fondations par micro sismique transparence. *Revue franç. de Géotech.*, n° 6.

HÉRITIER B. (1985) - Chantiers de France. N° 186.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Informations utiles pour établir le programme technique : nature des fondations (matériau et profondeur présumée).



**AUTRES APPELLATIONS :**

SPL, MST Microsismique transparence, Echo-sondage.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix par fondation verticale investiguée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 26	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir la position et la profondeur du forage parallèle (distance à la fondation &lt; 2 m ; profondeur &gt; 5 m de la cote présumée).</li> <li>• Connaître la cote de la tête de forage à la précision requise.</li> <li>• Etablir le mode opératoire de mesure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation de forage parallèle.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excitation le plus près possible de la tête de la fondation.</li> <li>• Mesure de la cote du point d'excitation à la précision requise.</li> <li>• Mesure des temps d'arrivée au moins tous les m dans le forage.</li> <li>• Précision du pointé sismique : <math>\pm 0,25</math> ms</li> <li>• Signaux sismiques enregistrés (affichage de temps d'arrivée prohibé).</li> <li>• Correction d'éloignement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 moyen d'excitation léger muni d'un système de déclenchement de l'enregistreur.</li> <li>• 1 ou plusieurs capteur(s) sismique(s) de forage.</li> <li>• 1 enregistreur sismique, éventuellement à sommation avec visualisation des signaux et voie de déclenchement distincte (TB).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Film avec arrivées premières ou signaux sur support numérique.</li> <li>• Courbe dromochronique temps-profondeur.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenir la vitesse du matériau de fondation et celle du terrain naturel sous-jacent.</li> <li>• Recherche du point de brisure. Analyser le signal (option état de la fondation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbe dromochronique avec mention des vitesses sismiques.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuille d'essai avec mention de (des) cote(s) recherchée(s).</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SISMIQUE ONDES DE TUBE

**MÉTHODE :** Sismique transmission.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Etude de la fracturation des roches à moyenne et grande profondeur pour stockage des déchets, géothermie, ...

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Mesures dans un trou nu plein d'eau ou de boue.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Trou sec, forage tubé.

**RAYON D'INVESTIGATION :** Très faible.

**CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement global des signaux avec positionnement des zones fracturées.

**PRINCIPE :**

Analyse des signaux directs et réfléchis produits dans un forage par un impact en surface près du forage.

En roche dure les zones fracturées se manifestent par une conversion des ondes de tubes.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

WITTKE W. (1982) - Mécanique des roches. A.A. Balkema, Rotterdam.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance (coupe technique).

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage (profondeur, diamètre ...).

**AUTRES APPELLATIONS :**

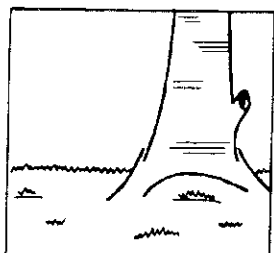
Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Par forage en fonction de la profondeur, du nombre de paliers de mesure et du nombre de points.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 SIS 27	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir l'écartement entre traces.</li> <li>• Choisir la position de l'émission.</li> <li>• Choisir la nature de l'émission.</li> <li>• Préciser la durée d'écoute.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement du signal sismique complet avec une dynamique suffisante et un pas d'échantillonnage adapté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur de type sismique numérique à 12 voies minimum.</li> <li>• 1 flûte à hydrophone.</li> <li>• Source sismique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement analogique et numérique avec identification du forage, des profondeurs, et des réglages adoptés pour la mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assemblage et filtrage des enregistrements pour mise en évidence des ondes guidées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul avec logiciel approprié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement (traces assemblées) suivant une coupe temps/profondeur de mesure.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confrontation des enregistrements avec le contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positionnement des zones fracturées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## PARAMÈTRES D'ÉBRANLEMENT

**MÉTHODE :** Sismique vibration.

**DOMAINE D'APPLICATION**

Génie civil et environnement : évaluation des ébranlements transmis au sol ou aux structures par les activités industrielles ou de chantier.

**CONDITIONS D'APPLICATION**

Nuisance vibratoire suspectée.

**INTERDIT D'APPLICATION**

Néant.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** Sans objet.

**CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Valeur de la vitesse particulière et autres paramètres caractérisant la vibration en termes reliés à la nocivité.

**PRINCIPE :**

Enregistrement en fonction du temps des paramètres de vibration en relation avec une source d'émission naturelle ou provoquée.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

CHAPOT P. (1988) - Vibrations : critères de nuisances et prédiction. *Industrie minérale, Mines et carrières*, n° spécial juin 1988.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

**AUTRES APPELLATIONS :**

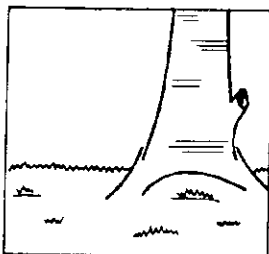
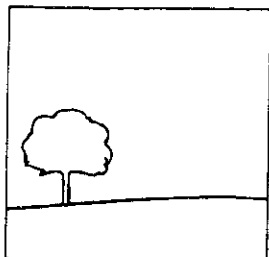
Néant.

**VARIANTES :**

Contrôle permanent de vibration (écoute), "sismo-mouchard".

**UNITÉ DE PRIX :**

Selon la prestation ou à la journée.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 SIS 31	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer la source et les structures ou points sensibles (durée, fréquence, intensité prévisibles).</li> <li>• Définir le dispositif d'écoute et le type de capteur, la durée d'enregistrement, le mode de déclenchement de la mesure.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la validité de l'étalonnage de la chaîne de mesure.</li> <li>• S'assurer que le capteur possède une fréquence adaptée au problème (<math>\leq 4,5</math> Hz).</li> <li>• Adapter la durée d'enregistrement et la bande d'enregistrement à la nature de la source.</li> <li>• Vérifier le couplage des capteurs au support.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chaîne de mesure comprenant : Capteurs de vitesse (ou d'accélération avec système d'intégration). Enregistreur multicanaux analogique ou numérique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation des capteurs.</li> <li>• Enregistrement graphique des signaux.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sélection des événements sismiques.</li> <li>• Calcul de la vitesse particulaire.</li> <li>• Analyse en fréquence (option), transposition éventuelle de paramètre (vitesse, déplacement, accélération).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeurs des paramètres calculés.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen critique des paramètres obtenus.</li> <li>• Confrontation des résultats avec les données géologiques s'il y a lieu.</li> <li>• Le cas échéant établir les lois de propagation propres au site.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loi de propagation, le cas échéant.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter les résultats aux recommandations ou à la réglementation en vigueur.</li> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Faires des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SPECTROMÉTRIE AU SOL

**MÉTHODE :** Radioactivité naturelle.

**DOMAINE D'APPLICATION**

Cartographie géologique et recherche minière (failles et unités géologiques).  
Environnement.

**CONDITIONS D'APPLICATION**

Variations lithologiques induisant une variation du rayonnement Gamma et éventuellement Beta.

**INTERDIT D'APPLICATION**

Rayonnement Gamma et Beta négligeable (dunes, lacs...).

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** nulle.

**CODE :** 0.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte ou profil du comptage total avec interprétation,  
cartes ou profils des canaux U, Th et K avec interprétation.

**PRINCIPE :**

Mesure exprimée en coups/minute ou coups/seconde de l'énergie du rayonnement Gamma et Beta émis par les familles radioactives des éléments uranium, thorium et potassium présents dans le sous-sol, à l'aide d'un détecteur (type cristaux NaI, traité au thalium en général).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1982) -  
Prospection géophysique. t. 3. University Press, Cambridge.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance (données de forage).

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie, accès, pluviométrie.

**AUTRES APPELLATIONS :**

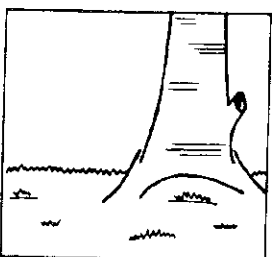
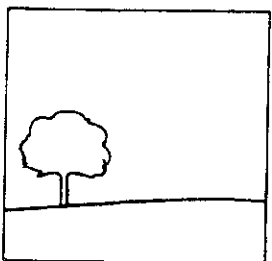
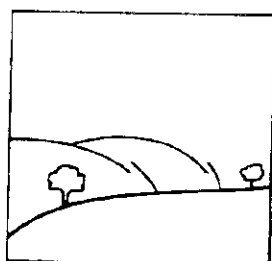
Radiométrie au sol.

**VARIANTES :**

Gammamétrie au sol (non sélectif).

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix au kilomètre de profil (selon la maille d'étude) ou prix à la station de mesure.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 RAN 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer énergie et contraste du rayonnement.</li> <li>• Définir la maille du lever et durée des lectures.</li> <li>• Préciser les pics d'énergie dans la fenêtre mesurée (0-10 MeV) et le nombre de canaux, d'après la lithologie.</li> <li>• Choisir la taille du cristal et du tube photomultiplicateur.</li> <li>• Choisir un cristal stable aux variations de température.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la valeur du bruit de fond (coups/seconde ou minute et mR/heure).</li> <li>• Contrôler la répétitivité des mesures.</li> <li>• Calibration du cristal et mesures de référence (base test).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 scintillomètre ou spectromètre portable.</li> <li>• 1 système d'enregistrement analogique ou numérique (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramme de mesure.</li> <li>• Enregistrement numérique, en option.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections du bruit de fond, (si option numérique) et de la topographie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils isorades par bande d'énergie ou total.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibration des données à partir d'échantillons connus.</li> <li>• Choix des rapports significatifs (U/Th, U/K, Th/K).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes interprétées d'isoteneur (le cas échéant).</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des unités pétrographiques.</li> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (forage ou tranchée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes géologiques interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **SPECTROMÉTRIE AÉROPORTÉE**

**MÉTHODE :** Radioactivité naturelle.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Cartographie géologique à but minier ou hydrogéologique.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Variations lithologiques induisant une variation du rayonnement Gamma naturel.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Rayonnement Gamma négligeable (zones dunaires, lacs...).

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** Nulle. **CODE :** 0.

**RÉSULTAT FOURNI :**  
Carte du comptage total, cartes des canaux U, Th et K, avec interprétation.

**PRINCIPE :**  
Mesure exprimée en coups/seconde de l'énergie du rayonnement Gamma émis par les familles radioactives des éléments uranium, thorium et potassium présents dans le sous-sol, à l'aide d'un détecteur (cristaux NaI traité au thalium).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1982) - Prospection géophysique. t. 3. University Press, Cambridge.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : moyens logistiques au sol, topographie, météorologie.

**AUTRES APPELLATIONS :**  
Radiométrie aéroportée.

**VARIANTES :**  
Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**  
Prix au kilomètre volé (avec stand by météo).

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 RAN 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer énergie et contraste du rayonnement.</li> <li>• Définir la maille du lever et l'altitude de vol.</li> <li>• Individualiser des blocs homogènes en fonction de la topographie.</li> <li>• Définir moyens de vol et positionnement.</li> <li>• Préciser les pics d'énergie dans la fenêtre mesurée (0-3 Mev) avec nombre de canaux (256 par exemple).</li> <li>• Fixer le système de navigation (GPS, Doppler, ...).</li> <li>• Fixer le volume des cristaux, stabilisés en température.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixer les tolérances sur écarts de vol, recouvrement entre blocs adjacents, vitesse de l'avion, pluviométrie.</li> <li>• Tests de validation de l'équipement.</li> <li>• Calibration des cristaux et vol périodique d'une ligne test.</li> <li>• Vérifier et ajuster la résolution globale (écart de comptage).</li> <li>• Définir le niveau du bruit de fond (background).</li> <li>• Enregistrer les variations pluviométriques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opérateurs qualifiés à bord et au sol.</li> <li>• 1 pilote</li> <li>• 1 navigateur (avion).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 avion ou hélicoptère.</li> <li>• 1 spectromètre (256 canaux au moins).</li> <li>• 1 système d'enregistrement.</li> <li>• 1 système de positionnement (Doppler, GPS).</li> <li>• 1 pluviomètre.</li> <li>• Moyens de communication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sur bande magnétique et/ou analogique.</li> <li>• Enregistrement de contrôle.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données corrigées en particulier des variations d'altitude, du bruit de fond (background), de l'effet Compton, du radon atmosphérique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes des canaux U, Th et K, et du comptage total.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibration des données sur anomalies bien identifiées au sol.</li> <li>• Choix des rapports significatifs (U/Th, U/K, Th/K).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes interprétées d'isoteneur.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Délimiter les unités pétrographiques.</li> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (géophysique au sol, forage ou tranchée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes géologiques interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SONDAGE ÉLECTRIQUE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique.

Hydrogéologie : niveaux aquifères, biseau salé, structure grands bassins.

Génie civil : épaisseur d'altération, de recouvrement, terrassement carrière.

Mines : dépôts stratiformes.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes de résistivité entre les couches de terrain. Variation latérale de résistivité reste faible.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines et industrielles.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 100 m.

**CODE :** 0-1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution des résistivités à la verticale d'un point donné.

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol mesurée par un dispositif quadripole (ABMN), pour une succession de valeurs d'écartement du dispositif.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

SCHLUMBERGER C. (1930) - Etude sur la prospection électrique du sous-sol. Gauthier-Villars, 2e éd.

KUNETZ G. (1966) - Principles of direct current resistivity prospecting. Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations, de lignes à haute tension, ...

**AUTRES APPELLATIONS :**

SE, SE SCHLUMBERGER. Sondage électrique en lignes courtes, sondage géoélectrique, sondage électrique vertical, SEV.

**VARIANTES :**

Dispositifs WENNER, dipôle-dipôle, sondage électrique carré.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le sondage électrique défini par sa longueur maximale de lignes AB.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 ELE 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier, hypothèse de couches continues horizontales ou peu inclinées.</li> <li>• Évaluer les contrastes de résistivité.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Fixer longueurs lignes AB.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si résistivités connues).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur de AB au moins 6 fois profondeur investigation.</li> <li>• Nombre de points de mesure par décade au minimum 5.</li> <li>• Embrayage sur 2 points au moins.</li> <li>• Déroulement ABMN selon un dispositif en principe rectiligne (déviation maximum tolérée 10°).</li> <li>• Dispositif ABMN symétrique.</li> <li>• Longueur MN &lt; AB/5.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et V/I à 3 % près.</li> <li>• Géométrie du dispositif connu à 5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 résistivimètre.</li> <li>ou</li> <li>• 1 ensemble d'appareils - voltmètre-ampèremètre, avec système s'affranchissant de la PS.</li> <li>• électrodes.</li> <li>• Câble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma implantation.</li> <li>• Feuille de mesure. contenant géométrie I et <math>\Delta V</math>.</li> <li>• Diagramme Bilog, courbe expérimentale de SE.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet .	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparer les sondages électriques entre eux.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique et avec le résultat d'autres méthodes de reconnaissance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'abaques.</li> <li>• 1 logiciel d'interprétation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution verticale de résistivité compatible avec les courbes expérimentales..</li> <li>• Coupes ou cartes d'isorésistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (implantation de forage, s'il y a lieu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et/ou coupes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SONDAGE ÉLECTRIQUE LONG

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie : niveaux aquifères profonds, structure grands bassins.

Génie civil : tunnels et barrages.

Géothermie : réservoirs d'eau géothermale.

Mines : dépôts stratiformes.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes de résistivité entre les couches de terrain ; la variation latérale de résistivité reste faible.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines et industrielles - Structures géologiques trop hétérogènes.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 1 000 m

**CODE :** 1-2-3

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution des résistivités à la verticale d'un point donné.

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol mesurée par un dispositif quadripole (ABMN), pour une succession de valeurs d'écartement du dispositif.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

SCHLUMBERGER C. (1930) - Etude sur la prospection électrique du sous-sol. Gauthier-Villars, 2e éd.

KUNETZ G. (1966) - Principles of direct current resistivity prospecting. Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations, de lignes à haute tension, ...

**AUTRES APPELLATIONS :**

Sondage géoélectrique, sondage électrique vertical, SE "grandes lignes", SE SCHLUMBERGER grande ligne, SEV.

**VARIANTES :**

Dispositifs WENNER, dipôle-dipôle.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le sondage électrique défini par sa longueur de ligne maximale AB.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier, hypothèse de couches continues horizontales ou peu inclinées.</li> <li>• évaluer les contrastes de résistivité.</li> <li>• Modélisation préalable.</li> <li>• Fixer longueurs lignes AB.</li> <li>• Choisir les emplacements des sondages en fonction des possibilités d'accès et de la topographie.</li> <li>• Etablissement du mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte d'implantation prévisionnelle des lignes.</li> <li>• Programme technique.</li> <li>• Résultat de la modélisation.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur de AB au moins 6 fois profondeur investigation.</li> <li>• Nombre de points de mesure par décade au moins de 5.</li> <li>• Embrayage sur 2 points au moins.</li> <li>• Déroulement ABMN selon un dispositif en principe rectiligne ; tenir compte de la géométrie en cas de déviation nécessaire.</li> <li>• Longueur <math>MN &lt; AB/5</math>.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et <math>V/I</math> à 3 % près.</li> <li>• Géométrie du dispositif connu à 5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appareils radio ou téléphone.</li> <li>• 1 résistivimètre.</li> <li>• ou 1 ensemble d'appareils - voltmètre-ampèremètre, avec système s'affranchissant de la PS.</li> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 source <math>\geq 1,5 \text{ kVA}</math>.</li> <li>• 1 système d'injection spécifique.</li> <li>• Electrodes.</li> <li>• Câbles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma implantation.</li> <li>• Feuille de mesure, contenant géométrie I et <math>\Delta V</math>.</li> <li>• Diagramme Bilog, courbe expérimentale de SE.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet .	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparer les sondages électriques entre eux.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'abaques.</li> <li>• 1 logiciel d'interprétation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution verticale de résistivité compatible avec les courbes expérimentales.</li> <li>• Coupes ou cartes d'isoresistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et/ou coupes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## TRAINÉ ÉLECTRIQUE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie : biseau salé, zone faillée, contact lithologique, zone polluée.

Génie Civil : variation d'épaisseur du recouvrement ou de l'altération, contact lithologique.

Mines : minéralisation massive (sulfures et graphites).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des variations de résistivité latérales contrôlées par sondage électrique.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines et industrielles.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** quelques centaines de mètres. **CODE :** 0-1-2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Localisation d'anomalies de résistivité : profil de résistivités apparentes représentant la distribution des résistivités, latéralement, à une profondeur quasi constante.

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol mesurée à partir d'un quadripole symétrique AMNB, de dimension constante, traîné le long d'un profil.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

KUNETZ G. (1966) - Principles of direct current resistivity prospecting. Geopublication Associates.

BERTIN J. (1981) - Prospection électrique et sismique. *La pratique des sols et fondations*, chapitre 22. Ed. Moniteur.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance (données de forage).

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations enterrées, clôtures métalliques, topographie.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Traîné de résistivité. Profilage électrique.

**VARIANTES :**

Traîné à répétition. Traîné combiné, rectangle ou gradient, dipôle-dipôle, tripôle.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de la station ou au kilomètre en fonction du pas de mesure et de la longueur de la ligne AB de la topographie et du nombre de sondages électriques de contrôle.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer le contraste présumé de résistivité.</li> <li>• Fixer la géométrie du dispositif et le pas de mesure.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur AB ajustée par quelques sondages électriques préalables.</li> <li>• Déroulement du quadripole ABMN selon un tracé rectiligne (déviations maximum tolérée 10°).</li> <li>• Dispositif de longueur constante.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et précision de <math>V/I</math> à 3 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Résistivimètre ou 1 ensemble d'appareils voltmètre/ampèremètre avec système d'affranchissement de la PS.</li> <li>• Electrodes.</li> <li>• Câbles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation</li> <li>• Feuille de mesure avec l, <math>\Delta V</math> et dispositif.</li> <li>• Profil reporté sur papier semilog.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualisation des anomalies.</li> <li>• Comparaison des profils entre eux et corrélation avec les sondages électriques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profil ou carte de résistivité apparente.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (site de forage).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils interprétés.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## GÉOÉLECTRIQUE AQUATIQUE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique, qualité et quantité de sédiments formant le fond de l'eau, recherche de granulats, dragage, affouillement, ensouillage, profondeur du rocher.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol sub aquatique lorsqu'il existe des contrastes de résistivité entre les différents matériaux.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Grandes profondeurs d'eau (sauf dispositions spéciales), topographie de fond escarpée, résistivité de l'eau hétérogène.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 100 m

**CODE :** 0-1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des matériaux formant le sous-sol sub aquatique à partir de la distribution verticale et latérale des résistivités.

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol sub aquatique mesurée avec un quadripôle ABMN pour une succession de tailles du quadripôle et de positions latérales de celui-ci, avec mesure de la résistivité de l'eau et de sa profondeur.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LAGABRIELLE R. (1986) - Nouvelles applications des méthodes géophysiques à la reconnaissance en génie civil. Rapport du LCPC, série GT-17.

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : profondeur et résistivité de l'eau (ou nature de celle-ci : douce, salée, saumâtre, zone d'estuaire), bathymétrie, présence de courants.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Prospection électrique par courant continu dans l'eau.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Journée de mesure, y compris stand-by météo. Interprétation.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 04	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer les valeurs et contrastes de résistivité.</li> <li>• Evaluer la résistivité de l'eau et sa profondeur.</li> <li>• Vérifier la faible variation latérale de la profondeur.</li> <li>• Choisir le bateau.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Fixer les longueurs de ligne.</li> <li>• Fixer la carte des profils.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si modélisation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur des dispositifs au moins 6 fois la profondeur de l'eau.</li> <li>• Longueur des dispositifs au moins 6 fois la profondeur maximale d'investigation.</li> <li>• Mesure de <math>V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et <math>V/I</math> à 3 % près.</li> <li>• Positionnement, profondeur de l'eau et résistivité de l'eau mesurés simultanément aux résistivités apparentes.</li> <li>• Essai de fuite.</li> <li>• Dispositif rectiligne, déviation maximale <math>10^\circ</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> <li>• 1 pilote pour le bateau</li> <li>• 1 topographe, éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Résistivimètre avec système permettant de s'affranchir de la PS.</li> <li>• 1 Flute électrique.</li> <li>• 1 Bateau.</li> <li>• 1 Système de positionnement.</li> <li>• 1 Système de mesure de la profondeur.</li> <li>• 1 Système de mesure de la résistivité de l'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation</li> <li>• Profil de résistivité apparente pour les différents dispositifs.</li> <li>• Profil de la résistivité de l'eau.</li> <li>• Profil de la profondeur.</li> <li>• Enregistrement numérique éventuel.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte de la résistivité et de l'épaisseur de la tranche d'eau</li> <li>• Individualiser les anomalies significatives.</li> <li>• Comparer les profils de résistivité entre eux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 logiciel d'interprétation spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes de résistivité apparente</li> <li>• Cartes ou coupes de résistivité interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou coupes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## SONDAGE ÉLECTRIQUE PP

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche minière : minéralisations disséminées ou massives de type sulfuré.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes de chargeabilité entre les couches de terrain ; variations latérales faibles.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Proximité de transformateurs ou d'installations avec neutre relié à la terre ; présence de corps métalliques (conduites, câbles, rails ...).

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 200 m

**CODE :** 0-1-2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution de la résistivité et de la chargeabilité à la verticale d'un point donné.

**PRINCIPE :**

Analyse de la polarisation provoquée apparente avec un dispositif quadripolaire d'électrode ABMN, type SCHLUMBERGER pour des successions d'écartements normalisés du dispositif.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SUMMER J.S. (1976) - Principles of induced polarization for geophysical exploration. Developments in economic geology (5), Elsevier.

BERTIN J. (1969) - La polarisation provoquée et son rôle en recherche minière. *Annales des Mines*. Mars 1969.

BERTIN J. , LOEB J. (1976) - Experimental and theoretical aspects of induced polarization. Vol. 1, Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, nature de la minéralisation, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie et accès du site.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Sondage électrique avec mesure de chargeabilité, sondage électrique avec mesure de polarisation provoquée, sondage électrique IP (polarisation induite).

**VARIANTES :**

Dispositifs WENNER, dipôle-dipôle.

**UNITÉ DE PRIX :**

Sondage électrique défini par la longueur maximale AB.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 ELE 11	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse de contraste de chargeabilité.</li> <li>• Vérifier l'hypothèse de couches horizontales ou peu inclinées.</li> <li>• Eventuelle modélisation préalable.</li> <li>• Fixer la longueur de ligne AB.</li> <li>• Fixer la durée d'émission pour la chargeabilité.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur de ligne AB au moins six fois la profondeur supposée de l'objectif.</li> <li>• Nombre de points de mesures : au moins 5 par decade.</li> <li>• Embrayage sur deux points au moins.</li> <li>• Déroulement ABMN selon un tracé rectiligne et dispositif symétrique (déviations maximum tolérées 10°)</li> <li>• Longueur MN &lt; AB/5</li> <li>• Mesure <math>\Delta V &gt; 1</math> mV et précision de 2 % (1 ‰ sur la polarisation provoquée).</li> <li>• Géométrie du dispositif connue à 5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ensemble d'appareils voltmètre-ampèremètre avec système d'affranchissement de la PS et capable de mesurer la chargeabilité dans le domaine temporel ou fréquentiel.</li> <li>• 1 jeu d'électrodes impolarisables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de situation et d'implantation.</li> <li>• Feuille de mesure contenant géométrie, I, <math>\Delta V</math> chargeabilité.</li> <li>• Stockage numérique éventuel.</li> <li>• Diagramme bilog de la courbe expérimentale de SE.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparer les sondages électriques PP entre eux.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique et avec le résultat d'autres méthodes de reconnaissance.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'abaques</li> <li>• 1 logiciel d'interprétation s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution verticale de résistivité et de chargeabilité compatible avec les courbes expérimentales.</li> <li>• Coupes ou cartes de chargeabilité et de résistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (implantation de forage s'il y a lieu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes et/ou cartes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## TRAINÉ PP

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche minière : minéralisations disséminées ou massives, de type sulfuré, principalement pyrite, chalcoppyrite et galène.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Recherche des structures présentant des contrastes de chargeabilité.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Proximité de transformateurs ou d'installations avec neutre relié à la terre ; présence de corps métalliques (conduites, câbles, rails).

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 200 m

**CODE :** 0-1-2

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des structures du sous-sol à partir de la distribution des résistivités et des chargeabilités.

**PRINCIPE :**

Etude de la polarisation provoquée apparente avec un dispositif quadripolaire ABMN, type dipôle-dipôle, de géométrie constante pour des stations alignées et régulièrement espacées le long d'un profil.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SUMMER J.S. (1976) - Principles of induced polarization for geophysical exploration. Developments in economic geology (5), Elsevier.

GEORGEL J.M. (1967) - Polarisation provoquée et recherche minière. *Bulletin du BRGM*, n° 5.

BERTIN J., LOEB J. (1976) - Experimental and theoretical aspects of induced polarization. Vol. 1, Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, nature de la minéralisation, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie et accès du site.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Dipôle-Dipôle IP, dipôle-dipôle avec mesure de polarisation provoquée (de chargeabilité), double dipôle PP, double dipôle IP.

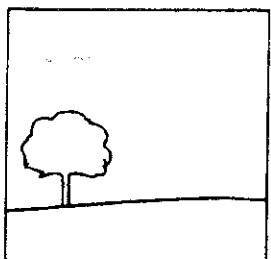
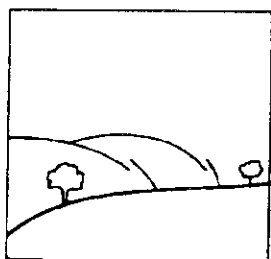
**VARIANTES :**

Dispositifs gradient, rectangle, traîné, tripôle, mise à la masse PP.

TRANSIEL (marque déposée CGG).

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix unitaire par station, en fonction du pas et du nombre d'espacements de mesure.

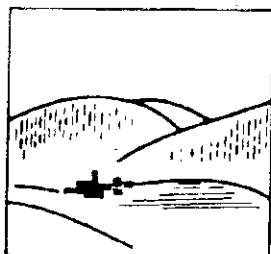


BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 12	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier hypothèse de contraste de chargeabilité.</li> <li>• Faire une modélisation préalable éventuelle,</li> <li>• Fixer la géométrie du dispositif et le pas de mesure.</li> <li>• Fixer la durée d'émission pour la chargeabilité.</li> <li>• Prévoir une source de courant suffisamment puissante.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique y compris implantation des profils sur carte.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur du dispositif au moins 4 fois la profondeur supposée de l'objectif.</li> <li>• Déroulement de ABMN selon un tracé rectiligne et dispositifs de longueur constante.</li> <li>• Mesure <math>\Delta V &gt; 2 \text{ mV}</math>.</li> <li>• Répétitivité de la mesure de chargeabilité à moins de 5 %.</li> <li>• Mesure de <math>V/I</math> à 3 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ensemble d'appareils voltmètre-ampèremètre avec système affranchissement de la PS et capable de mesurer la chargeabilité soit dans le domaine temporel soit dans le domaine fréquentiel.</li> <li>• 1 jeu d'électrodes impolarisables.</li> <li>• Câbles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de situation et d'implantation.</li> <li>• Feuille de mesure contenant géométrie, <math>I</math> et <math>\Delta V</math>, chargeabilité, éventuellement la résistivité apparente.</li> <li>• Stockage numérique éventuel.</li> <li>• Pseudocoupe de résistivité et de chargeabilité.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualiser les anomalies.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel d'interprétation s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pseudosections mixées</li> <li>• Coupe ou carte de chargeabilité et de résistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (implantation de forage s'il y a lieu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes ou cartes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## POLARISATION SPONTANÉE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.



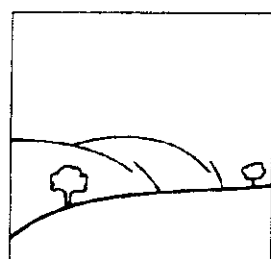
**DOMAINE D'APPLICATION :**

Etude des phénomènes électrochimiques, amas sulfurés, graphite, contact entre deux formations.

Etude des phénomènes électrocinétiques (faille, source, hétérogénéité d'un aquifère, écoulement d'une nappe, fuite dans un barrage ou canalisation).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Variation dans la composition d'un électrolyte en sous-sol, ou circulation d'eau ou d'ions induisant un courant électrique.



**INTERDIT D'APPLICATION :**

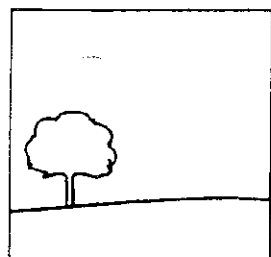
Zones urbaines et industrielles, présence de canalisation, lignes électriques ou téléphoniques enterrées, forte pluie, forte évaporation.

Amas entièrement noyé dans le cas de la recherche de sulfure.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** quelques centaines de mètres. **CODE :** 0-1-2.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Individualisation de zones polarisées en relation avec des phénomènes géologiques, à l'aide de cartes ou profils.



**PRINCIPE :**

Mesure d'une différence de potentiel d'origine naturelle entre deux points du sol.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.

FERRANDES R., LEGRAND C. (1977) - Etude du phénomène de polarisation spontanée créé par les courants d'électrofiltration. Action thématique programme du CNRS.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations, de lignes électriques et téléphoniques enterrées.

**AUTRES APPELLATIONS :**

PS - SP.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix de vente à la station fonction de la maille de mesure.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 21	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que le problème géologique entre dans le domaine d'application.</li> <li>• Fixer une maille de mesure adaptée.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Référence en périphérie de la zone d'étude en dehors de toute anomalie.</li> <li>• Longueur de ligne MN &lt; 500 m à cause des courants telluriques.</li> <li>• Humidification des stations avant mesure dans les pays arides.</li> <li>• Vérification toutes les 2 ou 3 h de la dérive des électrodes.</li> <li>• Correction de dérive.</li> <li>• Correction de changement de référence, s'il y a lieu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 millivoltmètre à haute impédance d'entrée.</li> <li>• 1 jeu d'électrodes impolarisables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte d'implantation.</li> <li>• Feuilles de mesure.</li> <li>• Carte des équipotentiels ou profils.</li> <li>• Carte ou profils corrigés.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualisation des différentes unités.</li> <li>• Recherche des anomalies positives ou négatives.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte des équipotentiels ou profil.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## PANNEAU ÉLECTRIQUE

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie : mise en évidence de zones faillées fracturées ou fissurées en site calcaire et cristallin. Recherche de sillons glaciaires.

Génie Civil : recherche de karsts, failles, vides.

Mines : zones minéralisées étroites.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des discontinuités verticales ou obliques de résistivité.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines, industrielles, canalisations, lignes haute tension.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 100 m

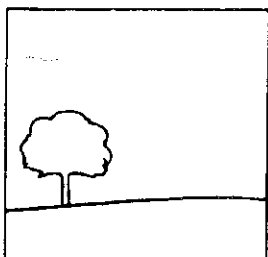
**CODE :** 0-1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description et localisation des discontinuités du sous-sol, à partir de la distribution des résistivités apparentes à la verticale d'une ligne d'électrodes MN donnée, éventuellement à l'aide d'un modèle.

**PRINCIPE :**

Mesure à la verticale d'une série d'électrodes MN de la résistivité apparente pour différentes positions d'une électrode d'injection. Nécessité pour chaque dipôle MN de mesures doubles pour des positions symétriques de A, l'électrode B étant placée à l'infini.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

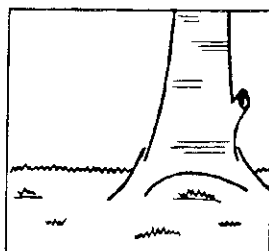
KUNETZ G. (1966) - Principles of direct current resistivity prospecting. Geopublication Associates.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : présence de canalisations, de lignes à haute tension, ...



**AUTRES APPELLATIONS :**

Panneau de résistivité.

**VARIANTES :**

Dipôle-dipôle à double injection, traîné combiné.

**UNITÉ DE PRIX :**

Panneau défini par sa longueur, le nombre d'électrodes MN de réception et le nombre de points d'injection.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 ELE 31	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer le contraste de résistivité.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Fixer le nombre et l'écartement des électrodes MN.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si résistivités connues).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de points d'injection pour 1 couple MN <math>\geq 12</math> (6 à droite, 6 à gauche).</li> <li>• Ligne B de préférence perpendiculaire et placée à au moins 2 fois la longueur du panneau.</li> <li>• Ecartement MN <math>\times 0,5</math> nombre de points d'injection <math>&gt; 3</math> fois la profondeur d'investigation.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5</math> mV et V/I à 3 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Résistivimètre ou 1 ensemble d'appareils voltmètre-ampèremètre, avec système s'affranchissant de la PS.</li> <li>• 1 jeu d'électrodes.</li> <li>• Câble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma implantation</li> <li>• feuille de mesure contenant géométrie, I et <math>\Delta V</math>.</li> <li>• Enregistrement numérique éventuel.</li> <li>• Représentation à droite et à gauche.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse critique et comparative des 2 modes de représentation.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Représentation Schlumberger (moyenne gauche-droite).</li> <li>• Représentation de la différence gauche-droite.</li> <li>• Modèle théorique (éventuellement)</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (implantation de forage, s'il y a lieu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Représentation sous forme de panneau interprété.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## PANNEAU ÉLECTRIQUE ENTRE FORAGES

**MÉTHODE :** Electrique en courant continu ou basse fréquence.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche minière : minéralisation conductrice.

Hydrogéologie : circulation des eaux, aptitude aux échanges géothermiques.

Génie Civil : état de fracturation.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Recherche de structures présentant des contrastes de résistivité. Existence de forages ou galeries.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Proximité d'objets métalliques (conduites, rails, câbles, etc...) ou d'installations avec neutre relié à la terre ; forages à tubage métalliques ou isolants.

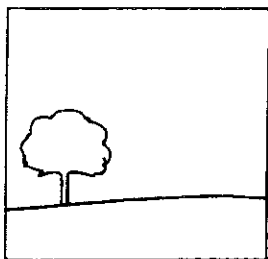
**ZONE D'INVESTIGATION :** proche de la taille du dispositif de mesure. **CODE :** 0-1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description du sous-sol entre forages ou galeries, à partir de la distribution de résistivité.

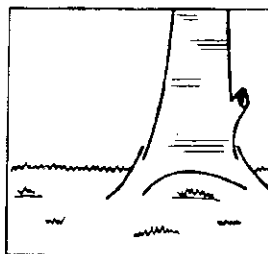
**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol avec un dispositif pôle-pôle dans une section définie par des forages, des galeries ou la surface du sol : injection d'un courant électrique entre une électrode A mobile et une électrode fixe lointaine pendant que le potentiel est mesuré entre une électrode M mobile et une électrode fixe en ; ceci pour différentes positions relatives des 2 électrodes A et M, dans les forages, galeries ou surface.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. Masson.  
POIRMEUR C., VASSEUR G. (1988) - Three-dimensional modeling of a hole-to-hole electrical method: application to the interpretation of a field survey. *Geophysics*, vol. 53, n° 3.



**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie et accès au site ; géométrie des forages (inclinaison, azimuth), log technique, log géologique, diagraphe de résistivité normale.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Transparence électrique, MIMAFO.

Tomographie (appellation impropre).

**VARIANTES :**

Tomographie électrique (interprétation en distribution de résistivité).

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix unitaire par point d'injection, en fonction de la profondeur dans le forage de mesure, ou en régie.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 ELE 32	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faire une modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Fixer la géométrie des dispositifs de mesure.</li> <li>• Vérifier l'équipement de forage et prévoir le relevé géométrique.</li> <li>• Fixer la distance maximale entre forages : 1 à 1,5 fois la profondeur maximale d'injection.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si modélisation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique .</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répétitivité des mesures à quelques % près.</li> <li>• Mesure de <math>\Delta V &gt; 0,5 \text{ mV}</math> et <math>V/I</math> à 3 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ensemble d'appareils voltmètre-ampèremètre avec système d'affranchissement de la PS, capable de réaliser une injection de courant et de mesurer une d.d.p. en forage.</li> <li>• Electrodes.</li> <li>• Câble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de situation et d'implantation.</li> <li>• Logs potentiel dans le forage de mesure.</li> <li>• Feuille de mesure ou stockage numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrage, lissage le cas échéant.</li> <li>• Corrections de la géométrie des forages</li> <li>• Calcul de la résistivité apparente et du champ électrique éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrammes de potentiel, résistivité apparente ou champ électrique.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualisation des anomalies.</li> <li>• Confronter avec le contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution des résistivités 3D.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes ou cartes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## MAGNÉTOTELLURIQUE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme avec émetteur très éloigné.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique dans les domaines pétroliers, miniers et géothermiques. Etudes structurales et stratigraphiques.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de résistivité entre les différentes unités lithologiques investiguées.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones industrielles, zones littorales, topographie très accentuée.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 10 000 m      **CODE :** 2-3.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution des résistivités dans les directions verticales et horizontales (coupes et cartes de résistivité).

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol en fonction de la profondeur (hypothèse de tabularité) à partir de la mesure en surface des champs électriques et magnétiques naturels, à différentes fréquences (inférieures à 100 Hz).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1976) - Prospection géophysique. t. 2. University Press, Cambridge.  
CAGNIARD L. (1953) - Principe de la méthode magnéto-tellurique. Nouvelle méthode de prospection géophysique. Annales de Géophysique, t. 9.  
VOZOFF K. (1972) - The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins. Geophysics, vol. 37, n° 1.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : contexte topographique.

**AUTRES APPELLATIONS :**

M.T.

**VARIANTES :**

M.T. avec référence lointaine, E Map.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix à la station ou à la journée d'enregistrement avec stand-by météo, le cas échéant.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer le contraste de résistivité.</li> <li>• Fixer la gamme de fréquences et la durée d'enregistrement.</li> <li>• Corrections topographiques, à préciser, le cas échéant.</li> <li>• Implanter les stations de mesure.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul pour la modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte topographique d'implantation des stations de mesure.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition des données d'enregistrement terrain en mode numérique avec contrôle analogique.</li> <li>• Rapport signal/bruit minimum à contrôler.</li> <li>• Implantation précise (direction) des dipôles électriques et du ou des capteurs du champ magnétique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 laboratoire magnétotellurique multicanaux numérique avec contrôle analogique.</li> <li>• Capteur de champ magnétique à induction.</li> <li>• Matériel topographique.</li> <li>• Electrodes impolarisables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements telluriques et magnétiques.</li> <li>• Schéma d'implantation.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse spectrale et calcul des impédances (amplitude et phase).</li> <li>• Corrections topographiques, le cas échéant.</li> <li>• Calcul de la cohérence, barres d'erreur, résistivités apparentes, phase.</li> <li>• Critère de tabularité et de direction structurale (skew-tipper).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciels de traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramme des résistivités apparentes en fonction de la période.</li> <li>• Diagramme polaire.</li> <li>• Calcul du skew, tipper et cohérence (barres d'erreur).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation de la structure en 1 D, 2 D ou 3 D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'abaques.</li> <li>• Logiciels d'interprétation documentés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes de résistivité, coupes électriques interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupes et cartes interprétatives.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## AUDIOMAGNÉTOTELLURIQUE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme avec émetteur très éloigné.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Structures géologiques à échelle régionale.  
Recherche de structures profondes (hectométrique à kilométrique).  
Eau, biseau salé, géothermie, gîte de type stratiforme.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Reconnaissance du sous-sol lorsqu'il existe des contrastes de résistivité entre les différentes unités géologiques ou entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Zones urbaines et industrielles ou zone proche d'émetteur radio, téléphone, VLF, OMEGA, etc.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 500 m

**CODE :** 0 - 1 - 2.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Description des couches du sous-sol à partir de la distribution des résistivités dans les directions verticales et horizontales (coupes et cartes de résistivité).

**PRINCIPE :**

Analyse de la résistivité apparente du sous-sol en fonction de la profondeur (hypothèse de tabularité) à partir de la mesure en surface des champs magnétiques et électriques naturels, à différentes fréquences (comprises entre 10 et 20 000 Hz).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

CAGNIARD L. (1953) - Principe de la méthode magnéto-tellurique. Nouvelle méthode de prospection géophysique. *Annales de géophysique*, t. 9, n° 2.  
(1985) - Magnetotelluric Methods. *Society of Exploration geophysicists*. Geophysics Reprint series, vol. 5. K. Vozoff.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : accès, topographie, urbanisation.

**AUTRES APPELLATIONS :**

A.M.T., audio MT.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix à la station ou à la journée d'enregistrement avec stand-by lié au rapport signal/bruit le cas échéant.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse des contrastes de résistivité.</li> <li>• Vérifier que les profondeurs entrent dans le domaine d'application.</li> <li>• Modélisation préalable éventuelle.</li> <li>• Vérifier l'adéquation avec l'environnement (zone urbanisée, industrielle).</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte topographique d'implantation des stations de mesure.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tests de fonctionnement de la chaîne de mesure.</li> <li>• Test choix orientation des capteurs et longueur des dipôles électriques.</li> <li>• Durée d'acquisition, fonction de la qualité du signal et des fréquences utilisées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chaîne d'acquisition de signaux AMT, multicanaux numériques avec contrôle analogique.</li> <li>• Electrodes impolarisables.</li> <li>• Capteurs de champ magnétique à induction.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'implantation des stations de mesures.</li> <li>• Feuilles de mesures ou listing des valeurs.</li> <li>• Diagrammes Bilog des courbes expérimentales de sondage AMT.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de la cohérence (barres d'erreur).</li> <li>• Elimination des données douteuses (écart-type trop grand).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventuellement moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbes "Purgées" (diagramme bilog des résistivités) avec barres d'erreur.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interprétation qualitative : identification des marqueurs, des structures.</li> <li>• Interprétation quantitative. Evaluation des profondeurs, et des résistivités selon une hypothèse de tabularité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventuellement moyens de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de distribution, verticale de la résistivité compatible avec les courbes expérimentales.</li> <li>• Coupes et cartes d'isorésistivité.</li> <li>• Coupes géoélectriques interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## RADIO MAGNÉTOTELLURIQUE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme avec émetteur très éloigné.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique.

Génie Civil : Etude de tracés (routes, tranchées, canaux...).

Archéologie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de résistivité. Bonne réception des ondes radio dans au moins une des bandes VLF, grandes ondes et ondes moyennes.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Réseaux métalliques enterrés. Mauvaise réception des émetteurs d'ondes radio. Surface trop irrégulière.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** inférieure à 50 m      **CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Profil continu de résistivité apparente du sous-sol.

**PRINCIPE :**

Mesures du champ électrique et du champ magnétique (composantes horizontales et perpendiculaires) issues d'un émetteur de radiodiffusion de fréquences données dans l'une des bandes VLF, grandes ondes ou ondes moyennes (de 8 kHz à 1,6 MHz). Calcul de la résistivité apparente.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

GUINEAU B., DUPIS A. (1973) - Dispositif pour la prospection magnétotellurique de subsurface. Anvar-Paris. Brevet n° 73-11-573.

LAGABRIELLE R. (1986) - Les bases de la Radio-Magnétotellurique. *Revue de l'Industrie Minérale*, Mines et carrières, octobre.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : donner le plan du terrain à reconnaître (avec son orientation), topographie, présence d'obstacle.

**AUTRES APPELLATIONS :**

R.M.T., M.T.A. (Magnétotellurique Artificielle).

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le kilomètre de profil ou en régie.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer le contraste de résistivité.</li> <li>• Choisir le ou les émetteurs radio et les fréquences de travail.</li> <li>• Déterminer la direction des profils.</li> <li>• Prévoir le positionnement.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition des données d'enregistrement en mode numérique avec contrôle analogique.</li> <li>• Vérifier la qualité du signal.</li> <li>• Vérifier que l'orientation des capteurs est compatible avec la direction des émetteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 capteur de champ magnétique</li> <li>• 1 capteur de champ électrique</li> <li>• 1 électronique (filtres et amplificateurs).</li> <li>• 1 enregistreur numérique et analogique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données numériques (champ électrique, magnétique, résistivité).</li> <li>• Enregistrement analogique de contrôle.</li> <li>• Identification des profils.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tracés des profils de résistivité apparente aux échelles appropriées.</li> <li>• Tracés des cartes de résistivité apparentes ou des profils sériés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de représentation graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profils et cartes de résistivité.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des différentes formations géologiques.</li> <li>• Interprétation en terme de coupes (variation de la profondeur de certains horizons) éventuellement avec autres informations disponibles (forages, sondages électriques).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes, profils et coupes interprétés (le cas échéant).</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## V L F SOL

**MÉTHODE :** Electromagnétisme avec émetteur très éloigné.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche minière, recherche d'eau.

Génie civil : étude du recouvrement.

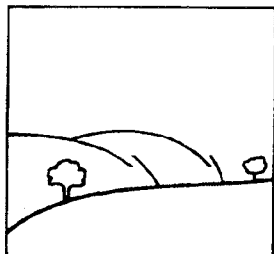
**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de résistivité entre la cible et l'encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Environnement industriel , voisinage de lignes HT, clôtures électriques, lignes téléphoniques.

Zone de mauvaise réception dans la bande VLF.



**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** inférieur à 50 m

**CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Cartes et profils de résistivité ou de l'inclinaison du champ magnétique (ou de sa dérivée de FRASER) créés par une onde électromagnétique plane en provenance d'un émetteur lointain de direction et de fréquence connue (dans la bande VLF (8 - 25 kHz)).

**PRINCIPE :**

Mesures du champ magnétique total créé par des émetteurs "artificiels" (à destination des sous-marins dans la bande 8 - 25 kHz) et éventuellement du champ électrique. La mesure des deux paramètres champ électrique et magnétique permet de calculer une résistivité apparente, la mesure du champ magnétique seul peut être effectuée.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

Mc NEILL J.D., LABSON V.F. (1991) - Geological mapping using VLF radio fields. *Electromagnetics methods in applied geophysics*, chap. 7, SEG. Misac N. Nabighian.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : environnement électromagnétique, urbanisation.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Very Low Frequency.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

A la station ou à la journée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 EMA 04	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'hypothèse du contraste de résistivité.</li> <li>• Fixer la maille de mesure.</li> <li>• Choisir la direction des émetteurs en fonction de la direction structurale.</li> <li>• S'assurer de l'absence de sources parasites et de l'existence d'un signal suffisant pour les émetteurs choisis.</li> <li>• Faire une modélisation, le cas échéant.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si modélisation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la qualité de la réception.</li> <li>• Travailler avec deux émetteurs de directions orthogonales si possible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 récepteur VLF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de positionnement.</li> <li>• Feuilles de mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des données magnétiques (dérivées de FRASER...)</li> <li>• Calcul des résistivités éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils de dérivée de FRASER.</li> <li>• Résistivité apparente selon option choisie.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positionnement des anomalies et des discontinuités.</li> <li>• Interprétation quantitative à l'aide de modèles simples (éventuellement : nécessite autres données : SE, forage...).</li> <li>• Tenir compte de la direction de l'émetteur qui privilégie certaines orientations de structure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et coupes d'interprétation.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## V L F AÉROPORTÉ

**MÉTHODE :** Electromagnétisme avec émetteur très éloigné.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Recherche minière, études de géologie structurale.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Existence d'un contraste de résistivité entre cible et encaissant.  
Bonne réception des ondes VLF.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Environnement industriel et notamment présence des lignes HT et de voies ferrées.  
Mauvaise réception dans la bande VLF.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** inférieur à 50 m      **CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**  
Cartes du champ magnétique (et de l'une de ses composantes) créé par une onde électromagnétique plane en provenance d'un émetteur lointain.

**PRINCIPE :**  
Mesures du champ magnétique total (et de l'une de ses composantes) créé par des émetteurs "artificiels" (à destination des sous-marins) dans la bande 8-25 kHz.  
Mesure à partir d'un appareil aéroporté.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
Mc NEILL J.D., LABSON V.F. (1991) - Geological mapping using VLF radio fields. *Electromagnetics methods in applied geophysics*, chap. 7, SEG. Misac N. Nabighian.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : environnement industriel et urbain, topographie.

**AUTRES APPELLATIONS :**  
Néant.

**VARIANTES :**  
Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**  
Au Km levé, à l'heure de vol ou la journée. Stand by météo ou émetteur.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 05	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPECIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer le contraste de résistivités.</li> <li>• Fixer les lignes de vol, fixer l'altitude de vol.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité de la réception.</li> <li>• Enregistrer l'altitude et la position de vol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• 1 pilote.</li> <li>• 1 navigateur (si nécessaire).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur VLF</li> <li>• 1 équipement de radionavigation nécessaire à l'acquisition des autres mesures (X, Y, Z).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement papier.</li> <li>• Enregistrement numérique.</li> <li>• Cartographie de position des profils volés.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrages des "bruits parasites" (VF, lignes HT)</li> <li>• Restitution en fonction des distances réelles.</li> <li>• Cartographier en X, Y,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de restitution graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils traités.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localisation des anomalies ou discontinuités.</li> <li>• Identification géologique des structures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de restitution graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils interprétés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM SOL À ÉMETTEUR FIXE

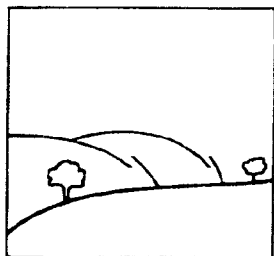
**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Prospection minière, reconnaissance structurale, recherche d'eau.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Contraste de résistivité suffisant entre cible et encaissant.

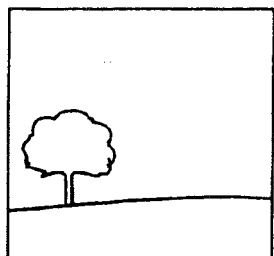
**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Environnement trop bruyé : lignes HT, ... conducteur de surfaces trop marqué.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 500 m      **CODE :** 1 - 2.



**RÉSULTAT FOURNI :**  
Généralement profils de résistivité apparentes ou sondages électromagnétiques fréquentiels en vue de décrire le sous-sol à partir de ses propriétés électriques.

**PRINCIPE :**  
Une bobine émettrice fixe est étalée sur le sol (elle peut atteindre parfois plusieurs centaines de mètres), elle est parcourue par un ou plusieurs courants alternatifs dans la gamme de fréquence 1 à 5 000 Hz.  
On mesure le champ magnétique et éventuellement le champ électrique induit, ce qui permet de calculer une résistivité apparente.  
Deux types de dispositif sont utilisés :  
- sondages fréquentiels avec 1 bobine fixe et 1 fréquence variable,  
- profils avec une fréquence fixe et 1 position de bobine variable.



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
KAUFMAN A., KELLER G. (1983) - Frequency and Transient soundings. Elsevier.  
VALLA P. (1991) - Applications de la modélisation numérique aux méthodes d'électromagnétisme fréquentiel en prospection géophysique. *Document du BRGM*, n° 206.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : environnement et topographie.

**AUTRES APPELLATIONS :**  
MELIS, TURAM.

**VARIANTES :**  
Domaine transitoire (exemple EM 37).

**UNITÉ DE PRIX :**  
Le sondage ou la station, la journée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 11	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le contraste de résistivité et l'absence de conducteur superficiel trop marqué.</li> <li>• S'assurer de l'environnement.</li> <li>• Définir le type de dispositif, son implantation et la gamme de fréquence en fonction de la cible.</li> <li>• Faire une modélisation éventuelle.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si modélisation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler le rapport signal/bruit.</li> <li>• Implanter avec précision la boucle émettrice (position et forme).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Émetteur adapté</li> <li>• Boucle d'émission.</li> <li>• Capteur magnétique et/ou capteur électrique (ligne tellurique).</li> <li>• Récepteur EM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuilles de mesure.</li> <li>• Enregistrements bruts : intensité dans la boucle d'émission, champs mesurés.</li> <li>• Schéma d'implantation des mesures.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrage des données.</li> <li>• Calcul des résistivités apparentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondages ou profils de résistivité apparente.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interprétation en terme de profondeurs à partir de modèles.</li> <li>• Identification des structures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondages et coupes interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM FORAGE À ÉMETTEUR FIXE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Mine : recherche de cibles minéralisées conductrices, de type amas (conducteurs massifs) ou veines (conducteurs de type plaque mince).  
Applications comparables envisageables en hydrogéologie, génie civil, environnement.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Présence dans le voisinage d'un forage nu ou tubé plastique de cibles conductrices isolées dans un encaissant résistant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage métallique, fluide de forage très conducteur, proximité de sources électromagnétiques parasites.

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 100 m

**CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Diagnostic de présence ou absence de conducteur autour du forage.  
Notions sur la direction et la distance à partir du forage, et sur l'importance du corps détecté.  
Investigation pouvant atteindre 100 m pour un conducteur massif, et 20 m pour une plaque conductrice mince.

**PRINCIPE :**

L'émetteur est une boucle fixe en surface traversée par un courant alternatif ou transitoire. Les variations du champ magnétique primaire (champ inducteur) provoquent l'apparition de courants induits dans les conducteurs produisant un champ secondaire qui se superpose au champ primaire.

On mesure la composante axiale (ou les 3 composantes vectorielles orientées) du champ magnétique total dans le forage.

En fréquentiel chaque composante est caractérisée par son amplitude et sa phase par rapport à un champ de référence mesuré en surface, ou par rapport à la référence de l'émission. En transitoire on mesure la dérivée temporelle de chaque composante vectorielle.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DYCK A.V. (1988) - Drill hole EM methods. Electromagnetic methods in applied geophysics, vol. 2, Nabighian.

BOURGEOIS B. (1991) - Surface-to-borehole FEM method, a test study in the Iberian pyrite belt. 4th symp. on borehole geophysics, Toronto. Geological Survey of Canada. KILLEEN P.G. Ed (in press).

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage ; diagraphies, log. géologique.

**AUTRES APPELLATIONS :**

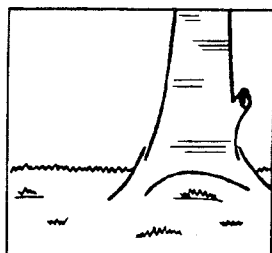
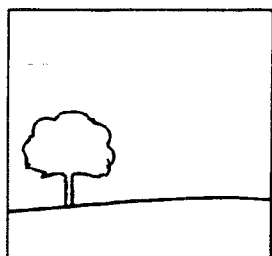
EM forage surface.

**VARIANTES :**

Mise en œuvre possible en forages horizontaux ou remontants creusés à partir de galeries, avec boucle émettrice en surface ou en profondeur.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix au mètre linéaire ; avec forfait pour chaque position de la boucle émettrice.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 12	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'adéquation entre contrastes de résistivités présumées, distance d'investigation souhaitée, profondeur supposée de la cible et fréquence(s) à utiliser.</li> <li>• Optimiser par modélisation préalable la position de la boucle.</li> <li>• Définir la plage et le pas de mesure dans le forage.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel de modélisation 2D (ou 3D).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> <li>• Logs modélisés.</li> <li>• Schéma prévisionnel d'implantation des boucles.</li> <li>• Liste des fréquences de travail ou des fenêtres temporelles d'enregistrement.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer en remontant, aux profondeurs prévues, en resserrant le pas aux zones de variation rapide des paramètres mesurés.</li> <li>• Contrôler le rapport signal/bruit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chaîne de mesure comprenant : treuil, câble, système de mesure de profondeur, sonde EM, capteur de référence, récepteur EM, émetteur EM, boucle d'émission.</li> <li>• 1 système d'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de situation des boucles.</li> <li>• Fichier de données brutes.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimination des mesures aberrantes ou trop bruitées.</li> <li>• Elimination des harmoniques inutilisables.</li> <li>• Singularisation des mesures (1 seule mesure par station et par fréquence), soit manuellement soit automatiquement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel de traitement des données.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichier de données traitées.</li> <li>• Logs des paramètres significatifs.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparer chaque log à un catalogue de réponses types ou au résultat d'une modélisation adaptée.</li> <li>• Confronter les réponses en un même forage pour différentes positions de boucle et trouver un modèle d'ensemble cohérent.</li> <li>• Le tester éventuellement par modélisation.</li> <li>• Confronter l'ensemble des résultats aux hypothèses géologiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 catalogue de réponses types.</li> <li>• Moyens de calcul.</li> <li>• Logiciel de modélisation 2D (ou 3D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma d'interprétation donnant la plage des positions possibles pour le corps détecté et sa position la plus probable. Quantification grossière de son importance.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM SOL À ÉMETTEUR MOBILE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Hydrogéologie, génie civil, environnement, archéologie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Présence de contrastes de conductivité.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Milieu industriel, urbain.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 100 m      **CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**  
Valeur de la conductivité pour une tranche de terrain dont l'épaisseur est fonction de l'appareillage (fréquence, distance émission-réception, configuration des bobines) et de la loi de conductivité du site étudié.

**PRINCIPE :**  
Un champ électromagnétique de fréquence imposée est émis par un émetteur. Ce champ primaire (champ inducteur) est perturbé par la présence des conducteurs qui provoquent l'apparition de courants induits produisant un champ secondaire superposé au champ primaire.  
La comparaison du champ magnétique total reçu par le récepteur et du champ primaire permet le calcul d'une conductivité apparente.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
Mc NEILL J.D. (1980) - Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers. Technical notes TN-6, Geonics Ltd, Toronto.  
FRISCHKNECHT F.C., LABSON V.F., SPIES B.R., ANDERSON W.L. (1991) - Profiling methods using small sources. Electromagnetic methods in applied geophysics, vol. 2, n° 3, part A. Nabighian.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.  
Informations utiles pour établir le programme technique : environnement industriel, urbain.

**AUTRES APPELLATIONS :**  
EM, SLINGRAM.

**VARIANTES :**  
EM transitoire.

**UNITÉ DE PRIX :**  
Au point ou à la journée.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 EMA 21	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'existence probable du contraste de résistivité.</li> <li>• Définir la maille de mesure.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel (si modélisation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la répétitivité des mesures (base de contrôle).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 appareillage étalonné avec enregistrement numérique le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte d'implantation des points de mesure.</li> <li>• Feuilles de mesure ou fichier numérique.</li> <li>• Cartes ou profils de conductivité.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la représentativité des mesures.</li> <li>• Confronter au contexte géologique.</li> <li>• Calcul éventuel de profondeurs à partir de modèle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel, le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et/ou profils interprétés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM FORAGE À ÉMETTEUR MOBILE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie et génie civil : porosité, fracturation, argiles, biseaux salés.

Mines : Détection de corps minéralisés massifs proches du forage

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Terrain conducteur ( $\rho < 10 \text{ ohm.m}$ ).

Terrain résistant : détection de conducteurs proches du forage.

Trou nu ou tubé plastique.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage métallique, fluide de forage très conducteur, proximité de source EM parasites.

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 20 m

**CODE :** 0 - 1.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Diagraphie de conductivité avec détection éventuelle de variations anormales et interprétation possible en terme de pendanges ou de conducteurs non intersectés. La distance de détection est de l'ordre de la moitié de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

**PRINCIPE :**

Un solénoïde dans l'axe du forage crée dans la formation un champ magnétique primaire sinusoïdal. Les variations du flux magnétique provoquent l'apparition de courants induits tournant autour du forage. Ces derniers produisent un champ secondaire sensiblement colinéaire au champ primaire, en quadrature de phase de celui-ci, et dont l'amplitude est proportionnelle à la conductivité du milieu environnant. Si d'éventuelles hétérogénéités conductrices existent à proximité du forage ou l'intersectent, elles sont également le siège de courants induits qui provoquent des anomalies de conductivité apparente.

Emetteur et récepteur sont dans le même forage.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

KAUFFMAN A., KELLER G. (1989) - Induction logging. Elsevier.

STRAUB A., VALLA P. (1987) - Theory and applications of the Romulus Induction tool for conductivity and susceptibility slimhole logging. 57th SEG meeting, New Orléans.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage (tubage, fluide, diamètre, profondeur d'accrochage des outils).

**AUTRES APPELLATIONS :**

Néant.

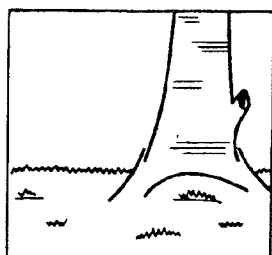
**VARIANTES :**

Conductivité multi-spacing réalisant une exploration à plusieurs rayons d'investigation dans la formation.

Emetteur et récepteur dans 2 forages différents proches, pour réaliser un panneau EM.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix au mètre linéaire ou journée de mesure en fonction du nombre de forages et de la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 22	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'adéquation entre la résistivité de l'encaissant et but recherché, et choisir la distance émetteur-récepteur en conséquence.</li> <li>• Vérifier diamètre du forage, type de tubage, nature et résistivité du fluide de remplissage.</li> <li>• Etablir le mode opératoire, précisant la vitesse de remontée et la fréquence d'émission, si elle est adaptable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer la calibration selon mode opératoire.</li> <li>• Mesurer la vitesse de remontée et contrôler sa régularité.</li> <li>• Effectuer un enregistrement analogique de contrôle.</li> <li>• Contrôler le rapport signal sur bruit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chaîne de mesure comprenant : treuil, câble, système de mesure de profondeur, système d'enregistrement, sonde ou couple de sondes en grand espacement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichiers données brutes.</li> <li>• Diagraphie de conductivité brute.</li> <li>• Identification du forage.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrages.</li> <li>• Détermination d'une conductivité zéro de référence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul.</li> <li>• Logiciel de traitement des données.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichier de données traitées.</li> <li>• Diagraphie de conductivité traitée.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter le log de conductivité aux autres diagraphies et/ou au log géologique.</li> <li>• Détecter les variations anormales et les comparer à des abaques plaque mince, ou à des catalogues de réponse de corps non interceptés, et en déduire des interprétations possibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 catalogue de réponses types.</li> <li>• Moyen de calcul.</li> <li>• 1 logiciel de modélisation 2D (ou 3D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• log interprété signalant les images anormales et leur interprétation.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM HÉLIPORTÉ

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Recherche minière, cartographie géologique, études structurales, génie civil.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Contraste de résistivité suffisant entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Environnement industriel et urbain bruyé, périodes d'orage magnétique.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** jusqu'à 150 m

**CODE :** 0 - 1 - 2.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Cartes de résistivité apparente (déduite d'un modèle d'interprétation) pour une fréquence donnée; éventuellement profils et dans certains cas coupes d'interprétation qualitative ou cartes d'anomalies en ppm.

**PRINCIPE :**

Le matériel d'acquisition est embarqué à bord d'un hélicoptère.

Le matériel de mesure est installé dans un "oiseau" tracté à hauteur constante (30 à 50 m).

Dans l'oiseau sont placées des bobines émettrices (2 à 4) et des bobines réceptrices.

Les bobines émettrices, d'orientations variées (coaxiales, coplanaires...) produisent un champ électromagnétique primaire de fréquence imposée (de 500 Hz à qq kHz). Les bobines réceptrices mesurent les composantes en phase et quadrature des champs secondaires correspondants dont les caractéristiques dépendent de la résistivité du sous-sol.

La mesure se fait en ppm de l'amplitude du champ secondaire par rapport au champ primaire.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

Palacky G.J. et al West G.F (1991) - Airborne electromagnetic methods. Electromagnetic methods in applied geophysics, vol.2, n°3, part B. Nabighian.  
Airborne Resistivity Mapping (1986) - Palacky G.J., Geological Survey of Canada.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : environnements parasites (réseaux, voies ferrées, lignes HT ...)

**AUTRES APPELLATIONS :**

HEM.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

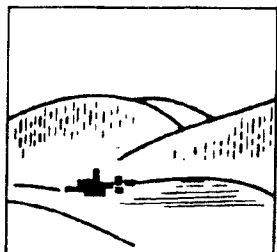
Au Km avec stand by météo.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 23	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'existence probable d'un contraste de résistivité.</li> <li>• Définir l'écartement et la position des profils.</li> <li>• Définir la hauteur de vol.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation prévisionnelle des lignes de vol.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler le rapport Signal/Bruit.</li> <li>• Vérifier l'absence de parasitages dus : <ul style="list-style-type: none"> <li>- aux déformations de l'oiseau (test de bruit)</li> <li>- aux orages magnétiques (spherics).</li> </ul> </li> <li>• Vérification de la navigation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 pilote</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 oiseau HEM</li> <li>• 1 enregistreur multivoies.</li> <li>• 1 système de positionnement.</li> <li>• 1 hélicoptère.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements papier.</li> <li>• Enregistrements numériques des données EM.</li> <li>• Plan de position des lignes de vol.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrages des bruits parasites et des "sphériques" (agitation EM atmosphérique).</li> <li>• Recalage des données par rapport à un zéro.</li> <li>• Calcul de la résistivité apparente et d'autres paramètres à partir des réponses en phase et quadrature et de la hauteur de vol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de représentation graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils traités (champs en ppm et/ou résistivité apparente).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localisation des filons, failles et autres entités géologiques.</li> <li>• Modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calculs et logiciel éventuels.</li> <li>• Moyens de représentation graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils interprétés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte interprétative.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## EM AÉROPORTÉ

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.



**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique structurale, prospection minière, hydrogéologie et géothermie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

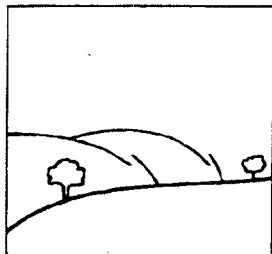
Présence de conducteurs et existence des contrastes de résistivité.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de résistivités et zones maritimes. Zone industrielle, urbaine, bruitée - période d'orages magnétiques.

**RAYON D'INVESTIGATION :** jusqu'à 150 m

**CODE :** 0 - 1 - 2.



**RÉSULTAT FOURNI :**

Cartes ou sections électromagnétiques avec individualisation d'entités géologiques à partir des courbes d'isorésistivité.

**PRINCIPE :**

La variation d'un champ électromagnétique (dont la fréquence peut varier de 1 à qq kHz) primaire artificiel créé dans une boucle solidaire d'un avion génère la circulation de courants dans les conducteurs du sous-sol. Ces courants occasionnent un champ électromagnétique secondaire dont la force électromotrice est mesurée dans des bobines réceptrices situées dans 1 oiseau tracté par l'avion.

Deux techniques existent, l'une dans le domaine fréquentiel (composantes en phase et quadrature), l'autre dans le domaine temporel (la plus utilisée actuellement).

Mesure de l'amplitude du champ secondaire par rapport au champ primaire ou de sa décroissance temporelle, en ppm du champ primaire.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

(1990) - Electromagnetic Methods in Applied geophysics, vol. 2, n° 3, Nabighian. SEG 1990.

Airborne Resistivity Mapping (1986) - Palacky G.J., Geological Survey of Canada.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : topographie, environnement, parasite (réseaux, voies ferrées, lignes HT...).

**AUTRES APPELLATIONS :**

AEM.

**VARIANTES :**

Emission fixe (passive AEM), TURAIR.

**UNITÉ DE PRIX :**

Au kilomètre avec stand-by météo.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 24	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le contraste de résistivités (le cas échéant), le relief.</li> <li>• Choix de la méthode (temps, fréquentiel) de l'avion et des paramètres : altitude de vol, système de navigation, grille de vol.</li> <li>• Evaluer le niveau du bruit à la réception.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul pour modélisation éventuelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation prévisionnelle des lignes de vol.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition en mode numérique.</li> <li>• Choisir la bande de fréquences ou le rythme d'impulsion et la place des fenêtres d'analyse du champ secondaire en mode temporel.</li> <li>• Procéder à des tests de calibration (bruits).</li> <li>• Vérification de la navigation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 pilote</li> <li>• 1 navigateur (le cas échéant)</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 avion.</li> <li>• 1 système de positionnement</li> <li>• 1 système d'émission-réception EM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de position des lignes de vol.</li> <li>• Données EM sur support numérique.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections " lag" (décalage spatial des anomalies) Choix des fenêtres et constante de temps</li> <li>• Filtrage des bruits, parasites et des "sphériques" (agitation EM atmosphérique).</li> <li>• Recalage des données par rapport à un zéro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de représentation graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes et profils traités (champs en ppm et/ou décroissances des champs, résistivité apparente).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative : délimitation des aires électromagnétiques plus ou moins conductrices.</li> <li>• Quantitative : modélisation à partir de modèles simples et restitution de la cible (en option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de représentation graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils interprétés.</li> <li>• Modèles avec corrélations géologiques (option).</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## RADAR GÉOLOGIQUE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

- Archéologie.
- Génie civil : fracturation, réseaux et obstacles enterrés, cavités, géologie superficielle, auscultation d'ouvrage.
- Prospection minière : recouvrement, gîtes hydrothermalisés et filoniens, exploitation.
- Environnement : pollutions, hydrocarbures...
- Contrôle non destructif (couches de chaussées, fers à bétons, tunnels...).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Terrain relativement résistant (fonction du problème posé).

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Milieu conducteur (pour des résistivités inférieures à 50 ohm.m, la méthode devient très aléatoire). Ecran métallique.

**RAYON D'INVESTIGATION :** 0 - 20 m

**CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

- Sections radar commentées,
- sections ou plans traités et/ou interprétés (possibilités non exclusives).

**PRINCIPE :**

Emission d'impulsions électromagnétiques brèves qui se réfléchissent partiellement sur les interfaces entre milieux de constantes diélectriques différentes. Les échos sont enregistrés. Le dispositif est constitué d'antennes émettrice et réceptrice.

Les fréquences utilisées vont de quelques dizaines de MHz à quelques GHz.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DANIELS D.J. et al. (1988) - Introduction to subsurface radar. IEE Proceedings, vol. 135, Pt. F, n° 4, August 1988.

TILLARD S. (1991) - Evaluation des performances de la technique radar en prospection géophysique. Thèse, université Louis Pasteur, Strasbourg.

POTTECHER G. (1991) - Le radar géologique et les réseaux urbains. Gaz d'aujourd'hui, t. 115, n° 12.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : encombrement et régularité de la surface du sol, niveau phréatique, lithologie (teneurs en argiles).

**AUTRES APPELLATIONS :**

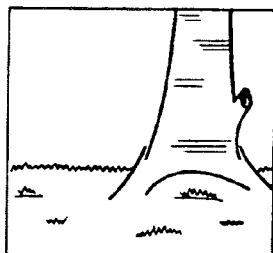
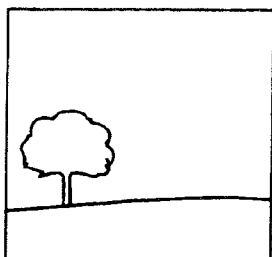
Radar, géoradar, réflectomètre d'impulsions radar, GPR (Ground probing Radar).

Radar sismique (appellation impropre).

**VARIANTES :**

**UNITÉ DE PRIX :**

Mètre de profil ou journée, selon caractère standard ou non de l'étude. Traitement en supplément.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 EMA 31	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation</b> (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'adéquation et la faisabilité : pénétration compte tenu du site, de la profondeur et du type de cible, résolution.</li> <li>• Faire une modélisation éventuelle.</li> <li>• Fixer une disposition ou densité des profils.</li> <li>• Prévoir la fréquence moyenne des impulsions (MHz) et le type d'antenne.</li> <li>• Définir la durée d'auscultation (ns).</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données</b> (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de l'adéquation des paramètres de mesure au problème posé.</li> <li>• Réaliser un repérage précis des profils.</li> <li>• Contrôle graphique des enregistrements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 radar et jeu d'antennes appropriées.</li> <li>• Enregistreur numérique en option.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan d'implantation des profils.</li> <li>• Profils sous forme analogique sur papier et numérique le cas échéant.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>  (en option)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrages, déconvolutions, correction topographique, migration, calcul de l'enveloppe du signal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciels adaptés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sections radar traitées.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des réflecteurs.</li> <li>• Etablissement d'une ou de plusieurs échelles de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul si option numérique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sections ou plans interprétés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques, en particulier implantation de forage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## RADAR DE FORAGE

**MÉTHODE :** Electromagnétisme à émetteur proche contrôlé.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie, Génie Civil, stockage de déchets : recherche de fractures, intrusions et zones altérées dans les roches cristallines, karsts, lithologie. Détection de structures diverses : forages, tunnels, ...

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Terrain relativement résistant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage tubé métal, forage en saumure.

**RAYON D'INVESTIGATION :** jusqu'à 100 m

**CODE :** 0 - 1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Section radar commentée ou modèle interprétatif ou données numériques.

**PRINCIPE :**

Réflexion d'impulsions électromagnétiques brèves sur les interfaces entre milieux de constantes diélectriques différentes.

La mesure a lieu comme une opération de diagraphie en point par point ou en continu.

Dans le cas de mesures directionnelles (donnant l'azimut des structures réfléchissantes) 3 mesures ont lieu en chaque point avec des antennes différentes contenues dans la même sonde réceptrice.

Les fréquences utilisées vont de 25 MHz à 200 MHz.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

OLSSON *et al.* (1990) - Abem Ramar Report: Fracture characterization in crystalline rock borehole radar. Abem printed Matter n° 90 303.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage, lithologie, niveau phréatique, résistivités, profondeur maximale. Distance minimale cible-forage.

**AUTRES APPELLATIONS :**

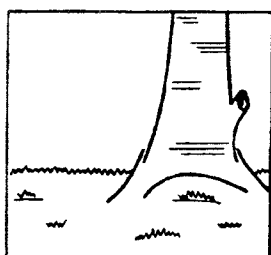
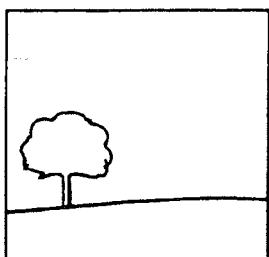
Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Nombre de mesures à faire (si mesures pas à pas) ou longueur de forage à ausculter.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 EMA 32	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	EQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'adéquation et la faisabilité : pénétration, résolution et réflectivité attendues.</li> <li>• Faire une modélisation éventuelle.</li> <li>• Etablir si la mesure doit être directionnelle ou non.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logiciel ou abaques de modélisation éventuels.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de mesure inférieur à 1/2 de la longueur d'onde moyenne.</li> <li>• Ajuster les paramètres d'acquisition : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquence moyenne des impulsions (MHz).</li> <li>- Temps d'auscultation (ns)</li> <li>- Précision en profondeur.</li> <li>- Ecart émetteur-récepteur.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 radar équipé d'antennes de forage, directionnelles ou non.</li> <li>• Treuil et câble.</li> <li>• Système de repérage de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sous forme numérique et analogique sur papier.</li> </ul>
<b>Traitement de données  (en option)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrages, déconvolutions, migration, calcul de l'enveloppe du signal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciels adaptés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données radar traitées.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer le pointé des événements,</li> <li>• Convertir les temps pointés en profondeurs</li> <li>• Si les mesures sont directionnelles, déterminer l'azimut des échos.</li> <li>• Confronter au contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et de représentation graphique si données numériques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sections radar interprétées et/ou modèle 3D.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## MAGNÉTISME AU SOL

**MÉTHODE :** Magnétisme.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique structurale et lithologie (failles, roches éruptives).  
Prospection minière.

Détection de tout objet ferro-magnétique : archéologie, pollution, environnement.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de susceptibilité magnétique ou d'une aimantation entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de susceptibilité magnétique.

Toute zone bruitée (lignes H.T., clôture, ferrailage, contexte industriel...) pour laquelle la réponse magnétique parasite est supérieure à celle qui est recherchée.

Période d'orage magnétique.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 10 000 m

**CODE :** 0 - 1 - 2 - 3

**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte et/ou profil magnétique, en vue d'individualiser des unités de susceptibilité magnétique différentes.

**PRINCIPE :**

Mesure du champ magnétique total à la surface du sol en nanotesla (nT).  
(1 nanotesla = 1 gamma).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1981) - Prospection géophysique. t. 4. University Press, Cambridge.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : localisation de l'étude, accès, parasites industriels.

**AUTRES APPELLATIONS :**

MAG au sol.

**VARIANTES :**

Magnétométrie différentielle.

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix au kilomètre de profil ou à la mesure avec éventuellement, différenciation des prix au niveau de l'interprétation (modélisation).

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 MAG 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité d'un contraste de susceptibilité magnétique.</li> <li>• Faire une modélisation éventuellement.</li> <li>• Etablir un mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répéter la mesure pour en contrôler la fiabilité et la précision.</li> <li>• Contrôle de la dérive diurne (second magnétomètre enregistreur ou établissement d'un réseau de base avec retour périodique).</li> <li>• Erreur moyenne inférieure à la moitié de l'amplitude de l'anomalie attendue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ou 2 magnétomètres (fixe, enregistreur et mobile).</li> <li>• Précision de l'appareillage en rapport avec l'anomalie attendue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de position des stations.</li> <li>• Feuilles de mesure ou support numérique.</li> </ul>
Traitement de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correction diurne (le cas échéant).</li> <li>• Soustraction régionale (formule IGRF) le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte ou profil magnétique.</li> </ul>
Interprétation géophysique (en option)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'anomalie régionale.</li> <li>• Calcul de l'anomalie résiduelle.</li> <li>• Carte de la dérivée seconde ou du gradient vertical.</li> <li>• Modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils interprétés.</li> <li>• Résiduelle, gradient, dérivée seconde, résultat des modélisations.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques (forages de reconnaissance)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## MAGNÉTISME AÉROPORTÉ

**MÉTHODE :** Magnétisme.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique structurale (bassin, toit du socle, fracturation).  
Prospection minière et pétrolière.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de susceptibilité magnétique ou d'une aimantation entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Absence de contraste de susceptibilité magnétique.

Toute région pour laquelle la réponse magnétique environnante est supérieure à celle qui est recherchée (zone industrielle).

Période d'orage magnétique.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 10 000 m

**CODE :** 0 - 1 - 2 - 3

**RÉSULTAT FOURNI :**

Cartes magnétiques avec localisation et délimitation de zones (en particulier géologiques) en vue d'individualiser des unités de susceptibilité magnétique différentes.

**PRINCIPE :**

Mesure du champ magnétique total à partir de moyens aéroportés, en nanotesla (nT).

Le magnétomètre est installé dans un oiseau tracté par un avion ou un hélicoptère.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1981) - Prospection géophysique. t. 4. University Press, Cambridge.

NETTLETON L. (1976) - Elementary gravity and magnetics for geologists and seismologists. Society of Exploration geophysics.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : localisation de l'étude, parasites industriels, conditions météo.

**AUTRES APPELLATIONS :**

AIRMAG - Aéromagnétisme.

**VARIANTES :**

**UNITÉ DE PRIX :**

Prix au kilomètre avec clause de stand-by météo.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 MAG 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité d'un contraste de susceptibilité magnétique.</li> <li>• Prévoir une modélisation éventuelle.</li> <li>• Fixer les paramètres du vol : altitude, espacement des lignes de vol.</li> <li>• Prévoir les moyens de navigation.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation prévisionnelle des lignes de vol.</li> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition en mode numérique et contrôle en mode analogique.</li> <li>• Magnétomètre au sol de contrôle des variations diurnes.</li> <li>• Mesure à 0,1 nanotesla.</li> <li>• Contrôler et mesurer l'altitude de vol</li> <li>• Contrôler les bruits parasites.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 pilote.</li> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• 1 navigateur éventuel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 magnétomètre au sol</li> <li>• Avion ou hélicoptère</li> <li>• 1 chaîne de mesure comprenant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnétomètres à proton ou à vapeur de césium embarqué</li> <li>- système de positionnement</li> <li>- 1 altimètre</li> <li>- 1 enregistreur numérique multicanaux</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de position des profils volés.</li> <li>• Enregistrement numérique et analogique.</li> </ul>
Traitement de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections diurne, d'altitude, régionale (formule IGRF).</li> <li>• Filtrage du bruit.</li> <li>• Réduction des écarts aux intersections de lignes (levelling).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profils corrigés.</li> <li>• Carte du champ magnétique résiduel.</li> <li>• Cartes transformées : réduction au pôle, dérivées.</li> </ul>
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Délimitation et classification des aires magnétiques (amplitude, taille des anomalies).</li> <li>• Modélisation le cas échéant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel spécifique (le cas échéant).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes ou profils interprétés.</li> <li>• Modèles avec corrélations géologiques (le cas échéant).</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## MAGNÉTISME EN FORAGE

**MÉTHODE :** Magnétisme.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Prospection minière : en particulier indices à magnétite et/ou pyrrhotite.

Géologie : en particulier corrélations entre magnéto-statigraphie et chronostratigraphie.

Environnement : détection d'objets ferro-magnétiques enfouis.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de susceptibilité magnétique ou d'aimantation entre cible et encaissant à proximité d'un forage.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage ferro-magnétique.

**RAYON D'INVESTIGATION :** jusqu'à 100 m

**CODE :** 0 - 1

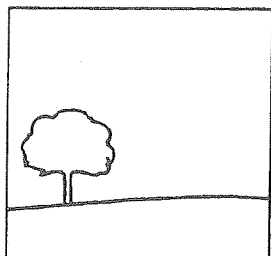
**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement en continu du champ magnétique total avec localisation en profondeur des niveaux magnétiques.

**PRINCIPE :**

Mesure du module du champ magnétique total en forage (en Nanotesla).

Les mesures sont réalisées soit en continu (5 à 10 cm) soit point par point (5 à 10 m entre points).



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

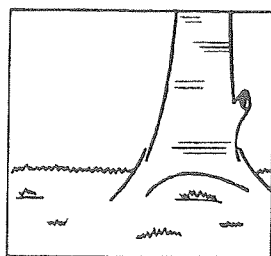
PARASNIS D.S. (1973) - Mining geophysics. *Methods in Geochemistry and Geophysics*, Elsevier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage, présence de tubage.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Néant.

**VARIANTES :**

Magnétisme à 3 composantes. Susceptibilité magnétique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Mètre linéaire ou journée de mesure selon la profondeur des forages.

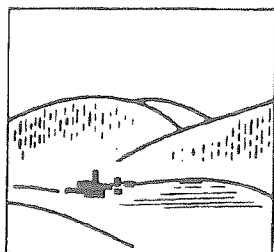
BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 MAG 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation</b> (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte : <ul style="list-style-type: none"> <li>- des paramètres géométriques (inclinaison, diamètre) du forage,</li> <li>- de la localisation des équipements ferro-magnétiques avoisinants.</li> </ul> </li> <li>• Faire une modélisation éventuellement.</li> <li>• Etablir un mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement point à point du champ dans le forage.</li> <li>• Enregistrement simultané en surface (base fixe à proximité pour contrôle des variations).</li> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistreur.</li> <li>• Treuil et câble.</li> <li>• 1 sonde magnétométrique de forage</li> <li>• 1 sonde de référence en surface ou magnétomètre en station.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements graphiques et éventuellement numériques avec identification du forage et des paramètres adoptés pour la mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections (diurnes et d'orientation).</li> <li>• Filtrage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie corrigée du champ total.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation des structures par des corps de géométrie simple (le cas échéant).</li> <li>• Confrontation au modèle géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel spécifique (le cas échéant).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétée.</li> <li>• Modèle numérique équivalent (le cas échéant).</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## MAGNÉTISME EN MER

**MÉTHODE :** Magnétisme.



**DOMAINE D'APPLICATION :**

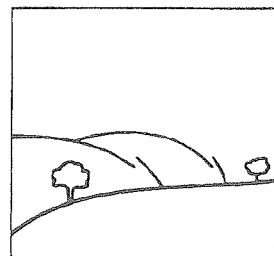
Géologie : études structurales, chronostratigraphie.  
Génie civil, archéologie : détection d'objets ou d'amas ferro-magnétiques.  
Prospection minière.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de susceptibilité magnétique et d'aimantation entre cible et encaissant.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Périodes d'orage magnétique.



**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** 0 - 10 000 m

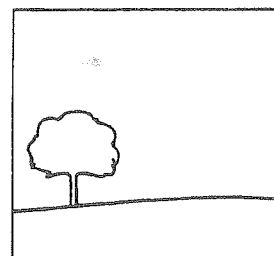
**CODE :** 0 - 1 - 2 - 3

**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte et/ou profil magnétique, en vue d'individualiser des ensembles de susceptibilité magnétique ou d'aimantation différentes.

**PRINCIPE :**

Mesure du champ magnétique total à l'aide d'un magnétomètre trainé derrière le bateau (généralement utilisé pendant l'acquisition de sismique réflexion).



**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TELFORD W.M., GELDART L.P., SCHERIFF R.E., KEYS D.A. (1981) - Prospection géophysique. t. 4: Prospection gravimétrique, prospection magnétique et exemples combinés.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : bathymétrie.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

La journée en mer avec supplément par kilomètre pour le traitement.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 MAG 04	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité d'un contraste de susceptibilité ou d'aimantation.</li> <li>• Faire une modélisation éventuellement.</li> <li>• Prévoir le mode de positionnement.</li> <li>• Établir un mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et logiciel si modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base terrestre fixe pour contrôler la dérive diurne.</li> <li>• Contrôler la bathymétrie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 magnétomètre marin.</li> <li>• Moyens précis de navigation.</li> <li>• Magnétomètre numérique pour la base.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement sur bandes magnétiques.</li> <li>• Plan de positionnement du navire.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimination des enregistrements bruités.</li> <li>• Critique des données.</li> <li>• Filtrage à l'aide de la station de base.</li> <li>• Réduction au pôle éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte ou profil du champ magnétique.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'anomalie régionale.</li> <li>• Calcul de l'anomalie résiduelle.</li> <li>• Carte de la dérivée seconde ou du gradient vertical.</li> <li>• Modélisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul et logiciel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte ou profils interprétés.</li> <li>• Résiduelle, gradient, dérivée seconde, résultat des modélisations.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## THERMOGRAPHIE INFRAROUGE AU SOL

**MÉTHODE :** Thermique.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Localisation de zones perturbées en sub-surfaces : cavités, zones de drainage, glissements de terrains, écoulements souterrains, poches de gaz.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de température d'origine interne à l'objet étudié hors activité solaire.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Opération interdite en dehors des heures précédant le lever du soleil et en cas de vent et/ou de précipitations.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** quelques dizaines de mètres. **CODE :** 0

**RÉSULTAT FOURNI :**

Carte ou profil d'intensité du rayonnement infra-rouge du sol, avec identification de zone de températures différentes.

**PRINCIPE :**

Mesure de la température du sol par capteur de rayonnement infrarouge.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

GAUSSORGUES G. (1989) - La thermographie infrarouge : principes, technologies, applications. Technique et documentation. 2e édition.  
CANIOU J. (1991) - L'observation et le mesurage par thermographie. AFNOR.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : contexte météorologique.

**AUTRES APPELLATIONS :**

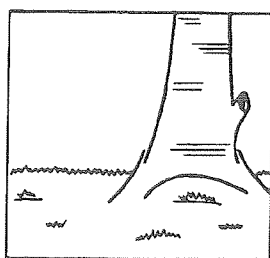
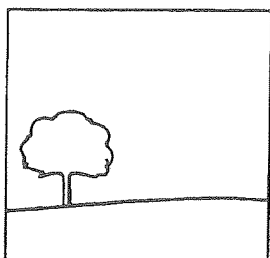
Radiométrie infrarouge au sol.

**VARIANTES :**

Photoradiométrie, Scanner infra-rouge

**UNITÉ DE PRIX :**

Par unité de surface ramenée à la densité de points, au forfait, ou en régie.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 THE 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévoir mesures de nuit et dans la limite des conditions météorologiques.</li> <li>• Vérifier l'existence de sources potentielles émettrices de chaleur artificielle.</li> <li>• Etablir un mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récepteur à environ 20 cm du sol pour toutes les mesures.</li> <li>• Base de référence (pour contrôle de dérive).</li> <li>• Mesure simultanée de la température de l'air et de la température du sol.</li> <li>• Travail en fin de nuit.</li> <li>• Prise en compte de données météorologiques sur la période de mesure et au moins 2 jours avant.</li> <li>• Corrections de dérive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 capteur de température.</li> <li>• 1 capteur de rayonnement infrarouge.</li> <li>• 1 système enregistreur.</li> <li>• 1 horloge.</li> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma implantation.</li> <li>• Feuille de mesure contenant : heure, numéro de station, température du sol et température de l'air.</li> <li>• Courbe de dérive de température.</li> <li>• Carte ou profil des valeurs de température.</li> </ul>
Traitement de données	Sans objet	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablir l'anomalie régionale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte des différences de température résiduelle.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carte interprétative.</li> <li>• Rapport technique avec diagnostic.</li> </ul>

## THERMOGRAPHIE INFRAROUGE AÉROPORTÉE

**MÉTHODE :** Thermique.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Pollution des eaux de surface - Détection des émergences sous-marines -  
Fracturation, agriculture, archéologie, ouvrages d'art. Glissement de terrain.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un contraste de température d'origine interne à l'objet étudié, hors activité solaire.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Opération interdite en dehors des heures précédant le lever du soleil et en cas de vent et/ou de précipitations.

**PROFONDEUR D'INVESTIGATION :** quelques dizaines de mètres. **CODE :** 0-1

**RÉSULTAT FOURNI :**

Localisation et délimitation de zones (en particulier géologiques) à partir de la distribution de plages thermiques homogènes, et mise en évidence de leur signification.

**PRINCIPE :**

Acquisition aéroportée.

Mesure et analyse de la température de surface ou des différences de température de surface par capteur de rayonnement infrarouge.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

GAUSSORGUES G. (1989) - La thermographie infrarouge : principes, technologies, applications. Technique et documentation. 2e édition.

CANIOU J. (1991) - L'observation et le mesurage par thermographie. AFNOR.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, taille et profondeur de la cible, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : contexte météorologique.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Radiométrie infrarouge aéroportée.

**VARIANTES :**

Photoradiométrie infra-rouge au sol.

**UNITÉ DE PRIX :**

Coût de l'avion et surface couverte (km<sup>2</sup> ou m linéaire) avec stand-by météo.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 THE 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité d'un contraste thermique.</li> <li>• Fixer les paramètres du vol de nuit : altitude déterminant l'échelle, heures d'acquisition, conditions météorologiques.</li> <li>• Option : répéter les mesures si l'objectif le justifie.</li> <li>• Etablir un mode opératoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique</li> <li>• Implantation prévisionnelle des lignes de vol.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition des données thermiques en mode analogique ou numérique.</li> <li>• Prise en compte de données météo sur la période de vol et au moins les deux jours précédant le vol.</li> <li>• Contrôle des mesures thermiques en vol ou sur l'aérodrome servant de base.</li> <li>• Enregistrement des paramètres de vol, altitude, roulis, tangage.</li> <li>• Option : mesure de température au sol sur des objectifs particuliers (eau libre) pour servir de référence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> <li>• 1 pilote navigateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avion avec trappe.</li> <li>• Radiomètre à acquisition de préférence numérique, et de plage de longueur d'onde située entre 8-14 microns, mono ou multifréquences.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paramètres de vol permettant la correction géométrique.</li> <li>• Données thermiques analogiques (films) et éventuellement numériques (bande magnétique).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections géométriques (dont la qualité dépend des cartes de référence fournies ou disponibles et de la résolution des données d'origine).</li> <li>• traitement d'image, éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système de traitement d'images numériques, avec logiciel documenté.</li> <li>• Système de visualisation papier ou photographique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restitution photographique ou papier, corrigée géométriquement.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter les images au contexte géologique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image des différences de températures résiduelles.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIES GAMMA GAMMA

**MÉTHODE :** Diagraphies nucléaires provoquées.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : reconnaissance de sol (mesure de densité), notamment dans le cas des sols difficiles à prélever.

Mines : charbon.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation de forage en trou nu ou à l'intérieur d'un tubage, noyé ou sec.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Mauvaise tenue des parois du forage (obligation légale de retirer la sonde du forage).

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement des variations qualitatives des densités en fonction de la profondeur. Option : détermination de la valeur absolue de la densité humide après calibration de la sonde sur un réseau de dalles de référence et en tenant compte des caractéristiques du tubage éventuel.

**PRINCIPE :**

Les diagraphies gamma gamma utilisent le phénomène de diffusion Compton, par la matière, des rayonnements gamma émis par une source de Césium 137 (ou équivalent). L'intensité du rayonnement (en cps) diffusé est liée à la densité du milieu ausculté.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

MÉNARD J., CARIOU J. (1978) - Diagraphies de densité et de teneur en eau, sondes nucléaires de première génération. *Rapp. Rech. LPC*, n° 82.

DESBRANDS R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géotechnique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, caractéristiques du tubage éventuel, incidents de foration, niveau d'eau ou de boue.

**AUTRES APPELLATIONS :**

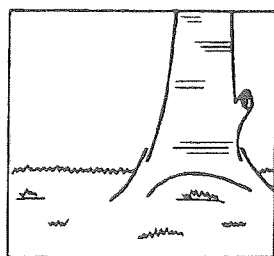
Gamma-gamma, gamma-densité, densité.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 01	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur, de la nature du forage tubé ou non.</li> <li>• Vérifier que les caractéristiques de tubage sont constantes pour l'ensemble des forages.</li> <li>• Vérifier que le diamètre du forage permet l'obtention de résultats quantitatifs (option).</li> <li>• Prévoir une diagraphie de diamètre, si nécessaire.</li> <li>• Etablir le mode opératoire, précisant la vitesse de remontée en fonction de l'objectif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesure de calibration (option).</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié en règle vis-à-vis de la radioprotection.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde équipée d'une source radioactive gamma.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec système d'asservissement en vitesse.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> <li>• 1 enregistreur analogique ou numérique.</li> <li>• Option : sonde permettant correction de diamètre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique des comptages avec identification du forage et des paramètres adoptés pour la mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablissement des courbes de variations qualitatives des densités.</li> <li>• Calcul des densités humides moyennant l'utilisation d'abaques établis par étalonnage approprié (option quantitative).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micro ordinateur.</li> <li>• Table traçante.</li> <li>• Imprimante.</li> <li>• Base de calibration nécessaire pour l'option quantitative.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie des variations qualitatives et/ou quantitatives (option).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétée faisant état d'un examen critique des résultats.</li> <li>• Détermination de <math>\gamma_h</math>, et de <math>\gamma_d</math> moyennant la connaissance de la teneur en eau des matériaux.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE NEUTRON-NEUTRON

**MÉTHODE :** Diagraphies nucléaires provoquées.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : reconnaissance de sol (mesure de teneur en eau), notamment dans le cas des sols difficiles à prélever.

Hydrogéologie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation de forage en trou nu ou à l'intérieur d'un tubage, noyé ou sec.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Mauvaise tenue de la paroi du forage (obligation légale de retirer la sonde du forage).

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement des variations qualitatives des teneurs en eau volumiques en fonction de la profondeur. Option : détermination de la teneur en eau moyennant une double calibration sur dalles de référence et échantillons de sols prélevés sur le site.

**PRINCIPE :**

On utilise le phénomène du ralentissement des neutrons rapides par les noyaux des atomes constitutifs du milieu jusqu'à une limite correspondant à l'énergie d'agitation thermique du milieu (d'où l'appellation neutrons thermiques). Les neutrons rapides sont émis par une source d'Américium Beryllium (ou équivalent). La mesure du flux des neutrons thermiques (en cps) est très sensible à la teneur en hydrogène du milieu.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

MÉNARD J., CARIOU J. (1978) - Diagraphies de densité et de teneur en eau, sondes nucléaires de première génération. *Rapp. Rech. LPC*, n° 82.

DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géotechnique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, caractéristiques du tubage éventuel, tous incidents de foration, existence et niveau de fluide.

**AUTRES APPELLATIONS :**

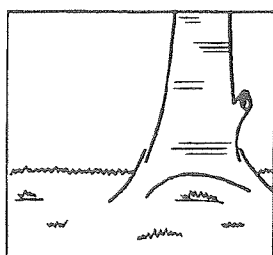
Neutron-neutron, neutron porosité, teneur en eau.

**VARIANTES :**

Teneur en eau par Résonance Magnétique Nucléaire, par méthode capacitive.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 02	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur, de la nature du forage tubé ou non.</li> <li>• Vérifier que les caractéristiques de tubage sont constantes pour l'ensemble des forages.</li> <li>• Vérifier que le diamètre du forage permet l'obtention de résultats quantitatifs (option).</li> <li>• Prévoir une diagraphie de diamètre, si nécessaire.</li> <li>• Etablir le mode opératoire, précisant la vitesse de remontée en fonction de l'objectif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesure de calibration (option).</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié (en règle vis-à-vis de la radioprotection).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde équipée d'une source radioactive neutron.</li> <li>• 1 enregistreur analogique ou numérique.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec système d'asservissement en vitesse.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> <li>• Option : sonde permettant correction de diamètre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique des comptages avec identification du forage et des paramètres adoptés pour la mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données (option, si acquisition numérique)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablissement des courbes de variations qualitatives des teneurs en eau volumique (Wv).</li> <li>• Calcul des teneurs en eau (Wp) moyennant l'utilisation d'abaques établis par calibration appropriée et connaissance de la densité des matériaux. (option quantitative).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micro ordinateur.</li> <li>• Table traçante.</li> <li>• Imprimante.</li> <li>• Base de calibration nécessaire pour l'option quantitative.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie des variations qualitatives et/ou quantitatives (option).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétée faisant état d'un examen critique des résultats.</li> <li>• Diagraphies de Wv et de Wp éventuellement.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIES NEUTRON-GAMMA

**MÉTHODE :** Diagraphies nucléaires provoquées.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil, mines : contribution à la connaissance lithologique des terrains en renseignant sur la présence de constituants tels que Ca, Si, S, Fe, ...

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation de forage en trou nu ou muni d'un tubage en polyéthylène de diamètre adapté, noyé ou sec

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage équipé de tubage PVC ou métallique.

Mauvaise tenue de la paroi du forage (obligation légale de retirer la sonde du forage).

**RÉSULTAT FOURNI :**

Détermination qualitative de la présence de tout ou partie des éléments chimiques suivants : Ca, Si, S, Fe, Al, Na ; détermination quantitative moyennant une calibration sur échantillons prélevés sur site ou sur dalles de référence (option quantitative).

**PRINCIPE :**

On utilise la détection du rayonnement gamma dû à la capture de neutrons par les noyaux des atomes du milieu. Les neutrons sont émis soit par une source isotopique du type Californium 252, soit artificiellement par un tube générateur de neutrons.

L'exploitation du spectre de ces rayonnements gamma de capture permet de mettre en évidence tel ou tel élément chimique présent dans le milieu.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

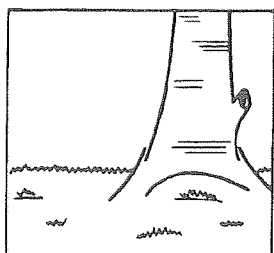
BARON J.P., CARIOU J. (1983) - Diagraphies des éléments Si, Al, Fe et Ca en Génie Civil. *Bull. IAEG-AIGI*, n° 26-27, Paris.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géotechnique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, caractéristiques du tubage éventuel, incidents de foration, niveau d'eau ou de boue.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Capture neutronique.

**VARIANTES :**

Activation neutronique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 03	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclure un tubage PVC et acier.</li> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur, de la nature du forage tubé ou non.</li> <li>• Vérifier que les caractéristiques de tubage sont constantes pour l'ensemble des forages.</li> <li>• Vérifier que le diamètre du forage permet l'obtention de résultats quantitatifs (option).</li> <li>• Prévoir une diagraphie de diamètre, si nécessaire.</li> <li>• Etablir le mode opératoire, précisant la vitesse de remontée en fonction de l'objectif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Option quantitative : mesure de calibration (option).</li> <li>• Contrôler l'acquisition du spectre par visualisation.</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié (en règle vis-à-vis de la radioprotection).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde équipée d'une source d'émission de neutrons.</li> <li>• 1 enregistreur numérique avec analyseur de spectre.</li> <li>• 1 logiciel adapté.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec système d'asservissement en vitesse.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement du spectre sur support magnétique avec identification du forage et des paramètres adoptés pour la mesure.</li> </ul>
<b>Traitement de données (option, si acquisition numérique)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablissement des courbes de variations qualitatives des constituants.</li> <li>• Calcul des teneurs en tel ou tel constituant moyennant l'utilisation d'abaques établis par calibration appropriée (option quantitative).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micro ordinateur.</li> <li>• Table traçante.</li> <li>• Imprimante.</li> <li>• Base de calibration nécessaire pour l'option de calibration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies des variations qualitatives et/ou quantitatives (option).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter des enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans le forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées faisant état d'un examen critique des résultats.</li> <li>• Détermination de la teneur en éléments recherchés moyennant une calibration appropriée.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE GAMMA RAY NATUREL

**MÉTHODE :** Diagraphies nucléaires naturelles.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Très général : mise en évidence de terrains présentant des contrastes de radioactivité naturelle (argile, granite).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation des forages tubés ou non, noyés ou secs.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Néant. Utilisation très étendue.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement de la radioactivité naturelle des terrains traversés par le forage et interprétation géologique.

**PRINCIPE :**

Mesure quantitative et en continu (en nombre de coups par seconde) en fonction de la profondeur de la radioactivité naturelle des matériaux traversés par un forage. La mesure est faite au moyen d'une sonde possédant un compteur à scintillation.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1968) - Théorie et interprétation des diagraphies. Technip.

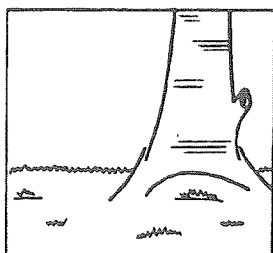
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en termes de besoin à un programme technique préétabli.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géologique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, nature du tubage éventuel, niveau d'eau ou de boue.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Radioactivité naturelle, radioactivité naturelle globale, RAN, NGR, GR.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 11	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur et de la nature du tubage.</li> <li>• Fixer le mode opératoire : vitesse de remontée de la sonde, en fonction de la sensibilité souhaitée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde gamma-ray naturel.</li> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec système d'asservissement en vitesse.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique avec identification du forage et des paramètres adoptés pour les mesures. (vitesse de remontée, sensibilité).</li> </ul>
Traitement de données	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des comptages interprétés faisant état des nature et disposition des matériaux.</li> </ul>
Interprétation en termes de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostic géologique</li> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE GAMMA-RAY SELECTIF

**MÉTHODE :** Diagraphies nucléaires naturelles.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Très général : mise en évidence de terrains présentant des contrastes de radioactivité naturelle avec identification lithologique plus précise que celle obtenue par le gamma ray naturel : distinction entre différents types d'argiles ou de granites.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation des forages tubés ou non, noyés ou secs.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Néant. Utilisation très étendue.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement dans différentes bandes spectrales de la radioactivité naturelle des terrains traversés par le forage et interprétation lithologique.

**PRINCIPE :**

Mesure quantitative (en nombre de coups par seconde) et en continu en fonction de la profondeur de la radioactivité naturelle des matériaux traversés par un forage. La mesure est faite au moyen d'une sonde possédant un compteur à scintillation. Le rayonnement est analysé dans au moins deux bandes spectrales caractéristiques qui permettent de distinguer la radioactivité émise par les familles radioactives des éléments Uranium, Thorium et Potassium.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1968) - Théorie et interprétation des diagraphies. Technip.  
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.  
SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géologique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, nature du tubage éventuel, niveau d'eau ou de boue.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Radioactivité naturelle sélective, RANS, SGR, Spectral gamma-ray.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 12	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur et de la nature du tubage.</li> <li>• Fixer le mode opératoire : vitesse de remontée de la sonde, sensibilité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etalonner la chaîne de mesure avec une source radioactive de référence.</li> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde gamma-ray spectrale.</li> <li>• 1 analyseur de spectre</li> <li>• 1 programme de restitution pour établir les logs de comptages.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec système d'asservissement en vitesse.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements graphiques avec identification du forage et des paramètres adoptés pour la mesure. (vitesse de remontée, sensibilité, bande spectrale analysée).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter les enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des comptages faisant état de la nature et de la disposition des matériaux.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter en résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostic lithologique.</li> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **DIAGRAPHIE PS**

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaitances géologiques : lithologie, stratigraphie et fracturation ;  
Hydrogéologie : porosité, qualité des eaux, circulation d'eaux.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage non tubé et rempli de fluide conducteur (eau, boue), ou tubé plastique fortement crépiné.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage (sauf contrôle de l'équipement du forage) et/ou absence de fluide conducteur.

Environnement électrique bruité (courants vagabonds, industriels).

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement en continu d'une différence de potentiel naturelle, exprimée en millivolts, en fonction de la profondeur dans le forage.

**PRINCIPE :**

Mesure de la différence de potentiel naturelle en millivolt entre une électrode de référence fixe, placée en surface, et une électrode mobile qui parcourt toute la longueur du forage.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

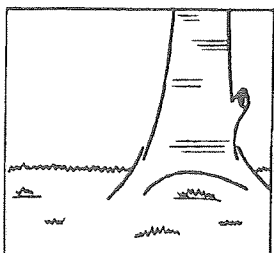
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en termes de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultats d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : localisation et caractéristiques du forage : profondeur, diamètre, tubage, nature et niveau du fluide.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Polarisation spontanée, self potential, S.P.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 21	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'état du forage (fluide, tubage).</li> <li>• Etablir le mode opératoire (sensibilité).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Contrôle de l'électrode de référence installée avec soin.</li> <li>• Contrôle de la dérive éventuelle.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 électrode de référence en surface.</li> <li>• 1 sonde PS.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique ou numérique avec indication des références du forage et des paramètres adaptés pour la mesure (sensibilité et vitesse de remontée).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correction éventuelle de dérive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement corrigé de la dérive.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative par comparaison avec d'autres enregistrements diagraphiques et géologie.</li> <li>• Eventuellement quantitative par calcul de la résistivité de l'eau d'imbibition des formations (option).</li> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abaques et moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement avec corrélations d'ordre lithologique et éventuellement mention de la résistivité de l'eau d'imbibition des formations poreuses.</li> </ul>
<b>Interprétation en termes de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE MONOÉLECTRODE

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologique et stratigraphique (corrélations géologiques - fracturation)

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un forage non tubé ou tubé plastique fortement crépiné dans lequel se trouve un fluide conducteur (eau, boue). Mesure très sensible aux variations de diamètre du forage, et de conductivité du fluide.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage et/ou absence de fluide conducteur.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image qualitative des variations de la résistivité des roches le long d'un forage.

**PRINCIPE :**

Mesure de la résistance en ohms entre deux points : A (électrode descendue dans le trou de forage) et B (électrode fixe de référence à la surface).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

CHAPPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en termes de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultats d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : diamètre et profondeur du forage, nature et niveau du fluide, présence ou non de tubage.

**AUTRES APPELLATIONS :**

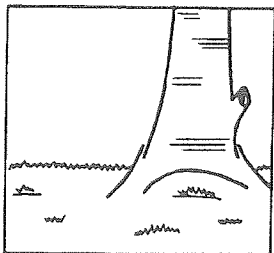
Diagraphie single point, monoélectrode.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 22	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'état du forage (fluide, trou nu, diamètre).</li> <li>• Fixer la vitesse de remontée et les sensibilités.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placer l'électrode fixe de référence (en surface) dans un environnement stable et vérifier que la résistance de prise est suffisamment faible.</li> <li>• Enregistrement en continu.</li> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesure de la résistance à mieux que 5 ohms.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 sonde monoélectrode</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements graphiques ou numériques avec indication des références du forage et des paramètres adoptés pour la mesure (sensibilité et vitesse de remontée).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative uniquement avec aide d'autres enregistrements de diagraphies (diamètre en particulier).</li> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement faisant état des variations lithologiques.</li> </ul>
<b>Interprétation en termes de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ NORMALE

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Lithologie et stratigraphie, fracturation, porosité, minéraux conducteurs, gisements de granulats, hydrogéologie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un forage non tubé ou à tubage isolant fortement crépiné, dans lequel se trouve un fluide conducteur (eau, boue, mousse conductrice). Souvent associé à d'autres méthodes.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage métallique ou isolant non ou peu crépiné. Absence de fluide conducteur.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement de la résistivité apparente des matériaux traversés par un forage, en fonction de la profondeur, en vue d'une interprétation géologique.

**PRINCIPE :**

Mesure de la résistivité apparente en ohm.m dans le forage avec un dispositif à 2 électrodes : 1 électrode A d'injection de courant I et 1 électrode M de mesure de potentiel V. Si  $AM \approx 40$  cm, il s'agit de la petite normale (bonne résolution verticale mais mauvaise précision à cause de l'influence du fluide et de la zone envahie). Si  $AM \approx 1,6$  m, il s'agit de la grande normale (mauvaise résolution mais bonne précision de la résistivité).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESRANDES R. (1968) - Théorie et interprétation des diagraphies. Technip.

SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : diamètre et profondeur des forages, nature et niveau de fluide, nature du tubage s'il existe.

**AUTRES APPELLATIONS :**

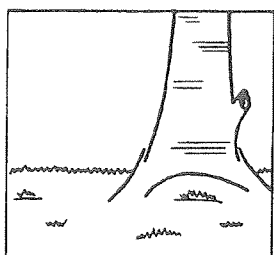
Résistivité normale, résistivité, PN ou 16 pouces, GN ou 64 pouces.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre de forage ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 23	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que les conditions du forage sont correctes (tubage, fluide, diamètre ...).</li> <li>• Fixer la vitesse de remontée et les sensibilités.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placer les électrodes de référence (injection et potentiel) à au moins 10 m de la tête de forage. S'assurer que leur résistance de prise est compatible avec la puissance du système d'injection et d'impédance d'entrée du système de mesure du potentiel.</li> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesurer V/I à 3 % près.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'électrodes de référence</li> <li>• 1 sonde "résistivité normale".</li> <li>• 1 câble relié à un treuil</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> <li>• 1 système de mesure de la résistivité apparente et de mesure du potentiel ou de l'intensité sur 2 voies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique avec identification du forage et des paramètres de réglage pour la mesure (vitesse de remontée, sensibilité).</li> <li>• Enregistrement numérique éventuel.</li> </ul>
Traitement de données (option, si acquisition numérique)	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des résistivités apparentes faisant état des variations lithologiques.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ FOCALISÉE

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Lithologie et stratigraphie, fracturation, porosité, minéraux conducteurs, gisements de granulats, hydrogéologie.

Indiqué particulièrement lorsque la zone envahie ou le gâteau de boue sont d'épaisseur importante.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un forage non tubé dans lequel se trouve un fluide conducteur (eau, boue, mousse conductrice). Souvent associé à d'autres méthodes.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Existence d'un tubage. Absence de fluide conducteur.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement de la résistivité apparente des matériaux traversés par un forage, en fonction de la profondeur, en vue d'une interprétation géologique.

**PRINCIPE :**

Mesure de la résistivité apparente en ohm.m dans le forage avec un dispositif à focalisation de courant comportant une électrode de centrale d'injection I, et au moins deux électrodes de garde symétriques. Le potentiel est mesuré soit sur un système de 4 électrodes auxiliaires (latérolog 7) soit sur l'électrode centrale (latérolog 3).

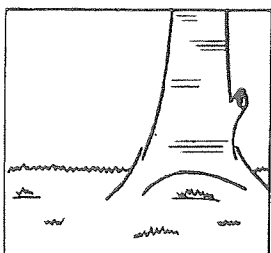
**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1968) - Théorie et interprétation des diagraphies. Technip.

SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli. Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance. Informations utiles pour établir le programme technique : diamètre et profondeur des forages, nature et niveau de fluide.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Résistivité focalisée, latérolog 3, latérolog 7.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 24	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que les conditions du forage sont correctes (tubage, fluide, diamètre ...).</li> <li>• Fixer la vitesse de remontée et les sensibilités.</li> <li>• Vérifier l'efficacité de la focalisation pour le diamètre du forage.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placer les électrodes de référence (injection et potentiel) à au moins 10 m de la tête de forage. S'assurer que leur résistance de prise est compatible avec la puissance du système d'injection et d'impédance d'entrée du système de mesure du potentiel.</li> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesurer la V/I à 3 % près.</li> <li>• S'assurer que les électrodes de garde jouent bien leur rôle de focalisation.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jeu d'électrodes de référence.</li> <li>• 1 sonde "résistivité focalisée"</li> <li>• 1 câble relié à un treuil</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> <li>• 1 système de mesure de la résistivité apparente et de mesure du potentiel ou de l'intensité sur 2 voies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique avec identification du forage et des paramètres de réglage pour la mesure (vitesse de remontée, sensibilité).</li> <li>• Enregistrement numérique éventuel.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confronter les enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique, ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies dans ce forage ou des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul éventuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des résistivités apparentes faisant état des variations lithologiques.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## PENDAGEMÉTRIE

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Reconnaissance géologie : mesure dans les forages du pendage des interfaces entre couches ou des fractures.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation de forage en trou nu, de préférence rempli de fluide conducteur.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forages tubés.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement des pendages (inclinaison et azimuth) des discontinuités recoupées par un forage.

**PRINCIPE :**

Enregistrement en continu de la résistivité apparente de la paroi du trou au moyen d'au moins quatre micro-dispositifs portés par quatre patins plaqués, dans quatre directions repérées en azimuth et mesure de la déviation du forage. Interprétation quantitative des quatre diagraphies de micro-résistivité plus ou moins décalées en terme de pendage des structures.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

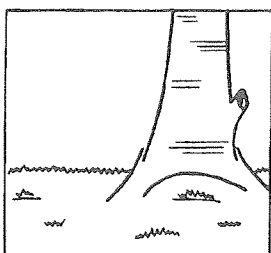
DESBRANDES R. (1968) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe géologique prévisionnelle, profondeur et diamètre du forage, tubage éventuel, niveau et nature du fluide, incidents de foration.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 25	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre, de la profondeur et de la nature du forage et de la nature du fluide.</li> <li>• Vérifier l'absence de tubage.</li> <li>• Vérifier que le diamètre du forage est compatible avec les caractéristiques de la sonde.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Mesurer l'inclinaison.</li> <li>• Mesurer l'azimut à 2° près.</li> <li>• Mesurer la déviation à 0,5° près.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique des enregistrements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 source équipée de quatre microdispositifs électriques sur patins et d'un système de mesure de l'azimut et de l'inclinaison.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil</li> <li>• 1 enregistreur analogique ou numérique (au moins 6 canaux).</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique des résistivités de l'azimut et de l'inclinaison.</li> <li>• Identification du forage.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul des pendages en inclinaison et azimuth.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste des interfaces traversées avec leur profondeur, inclinaison et azimuth.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des interfaces (contacts entre couches, fissures...)</li> <li>• Confronter les résultats avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies de pendagemétrie dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements et coupes de sondages interprétés.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## IMAGERIE ÉLECTRIQUE

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Géologie de détail : visualisation des structures sédimentaires, visualisation et orientation des fractures naturelles ou induites, estimation de l'épaisseur de ces fractures.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage nu rempli d'eau ou de boue permettant le passage du courant électrique.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage tubé.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image orientée visualisant les variations locales de résistivité à la surface de la paroi du forage.

**PRINCIPE :**

Un dispositif d'électrodes (boutons) installées à la même profondeur sur un ou plusieurs patins déplaçables destinés à être appliqués contre la paroi du forage permet une évaluation très locale des propriétés électriques de la formation (Résistance de prise).

Au cours du déplacement de l'outil autant de signaux que de boutons seront enregistrés, assortis de la profondeur et de l'azimut des patins nécessaires au positionnement de l'image dans l'espace.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

EKSTROM M., DAHAN C., CHEN M.Y., LLOYD P. et ROSSI D. (1986) - Formation imaging with microelectrical scanning arrays. SPWLA 27th Annual Logging Symposium, June 1986.

STRAUB A., GROS Y., KRÜCKEL U. (1990) - Structural description by electrical imaging of a borehole in granite. SPWLA 13th European Formation Evaluation Symposium, Budapest, oct. 1990.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe technique de l'ouvrage et si possible, diagraphie de diamètre, nature et niveau du fluide.

**AUTRES APPELLATIONS :**

FMS (Formation MicroScanner), FMI.

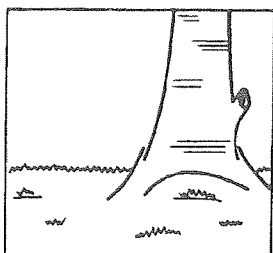
ELIAS (Electrical Imaging Advanced System).

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Mètre linéaire de sondage enregistré, ou journée de mesure, selon la profondeur des forages.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 26	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité de mettre en œuvre l'équipement : diamètre intérieur, nature et niveau du fluide, accès au forage.</li> <li>• Consulter si ils existent les enregistrements de la résistivité et le diamètreur.</li> <li>• Indiquer le taux de couverture.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique précisant la spécification de la sonde.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification du signal enregistré.</li> <li>• Contrôle de la vitesse de remontée de la sonde.</li> <li>• Mesure des profondeurs à 0,5 %.</li> <li>• Mesurer l'azimut à 2° près.</li> <li>• Mesurer la déviation du forage à 0,5° près (éventuellement).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde avec module d'orientation.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 enregistreur numérique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichier de mesure numérique et liste de l'en-tête comprenant l'identification du forage et les paramètres d'enregistrement.</li> </ul>
<b>Traitement de données (option, si acquisition numérique)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'image électrique orientée.</li> <li>• Traitement d'image (éventuellement).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul</li> <li>• Imprimante graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rejeu de l'image en niveaux de gris ou de couleur, avec données d'orientation.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détection et caractérisation électrique des structures.</li> <li>• Orientation des structures.</li> <li>• Confrontation des résultats avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies dans ce forage ou des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul et graphiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image améliorée et le cas échéant diagrammes structuraux.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE PP

**MÉTHODE :** Diagraphies électriques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Mines. Minéralisations conductrices disséminées (sulfures) en particulier.  
Géologie sédimentaire : lithologie et stratigraphie (sensibilité à certaines argiles).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage non tubé contenant fluide conducteur.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage tubé ou contenant fluide résistant ou forage sec.

**RAYON D'INVESTIGATION MAXIMUM :**

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement de polarisabilité ou de l'effet de fréquence du matériau traversé sur le forage en fonction de la profondeur le plus souvent couplé à la résistivité.

**PRINCIPE :**

Etude de la polarisation provoquée en % avec un dispositif quadripolaire ABMN dans un forage.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

STRAUB A. (1989) - Valorisation par diagraphies de sondages miniers. Industrie Minérale. Mines et Carrières.

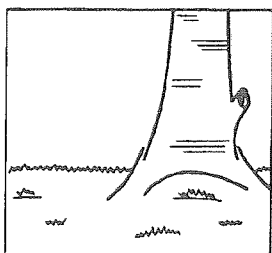
BERTIN J. (1969) - La polarisation provoquée et son rôle en recherche minière. Annales des Mines. Mars 1969.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : coupe technique de l'ouvrage, nature et niveau de fluide.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Induced Polarisation, IP.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 27	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le diamètre et équipement du forage, nature et niveau du fluide.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soigner l'installation des électrodes de référence.</li> <li>• Mesure des profondeurs à 0,5 %.</li> <li>• Vitesse de remontée faible et adaptée au type de mesure (temporel - fréquentiel).</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 sonde PP</li> <li>- 1 câble relié à un treuil</li> <li>- système de mesure de profondeur</li> <li>- 1 enregistreur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique avec échelle profondeur et mesure.</li> <li>• Identification de l'ouvrage et des réglages.</li> <li>• Enregistrement numérique éventuel.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localisation des zones polarisées.</li> <li>• Confrontation de l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien .</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE CONDUCTIVITÉ

**MÉTHODE :** Diagraphies électromagnétiques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

En environnement conducteur des forages pour : lithologie et stratigraphie, fracturation, porosité, minéraux conducteurs, gisements de granulats, hydrogéologie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Convient à forage sec ou avec fluide résistant, forage tubé plastique.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Tubage métallique.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement de conductivité des matériaux traversés par un forage en fonction de la profondeur. Mesure exprimée en Siemens.

**PRINCIPE :**

Système de bobines, une bobine émettrice est traversée par un courant alternatif d'intensité et de fréquence (quelques kHz) donnés. La bobine réceptrice est le siège d'une différence de potentiel qui dépend de la conductivité des terrains environnants.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TABBAGH A. (1990) - The response of a magnetic and conductive layer for a vertical coil electromagnetic logging tool. *Scientific Drilling*, n° 1.

CLERC G., FRIGNET B., TABBAGH A. (1983) - Transmitter-Receiver Induction techniques and probes Developed for surface and borehole measurements: Application to Archaeology and Mineral Exploration. *J. Geomag. Geoelectr.*, n° 35.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : description, diamètre et profondeur du forage, tubage nature et niveau du fluide.

**AUTRES APPELLATIONS :**

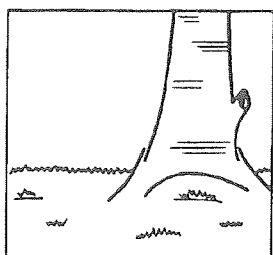
Inductolog, conductivité (induction).

**VARIANTES :**

Induction avec mesure simultanée de la susceptibilité magnétique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 28	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que les caractéristiques de l'ouvrage permettent la mesure (tubage, nature du fluide, diamètre).</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adapter l'échelle de mesure et la sensibilité au site particulier.</li> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Vérifier le bon fonctionnement de la sonde avec une masse métallique.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde de conductivité calibrée.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique ou numérique avec identification de l'ouvrage et des paramètres de mesure.</li> </ul>
Traitement de données	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des différentes unités, identification des événements.</li> <li>• Confrontation de l'enregistrement avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétative.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE MICROSISMIQUE

**MÉTHODE :** Diagraphies sismiques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : prévision de l'aptitude au terrassement. Massif rocheux : étude de la fracturation, prévision des plans de tirs et de la blocométrie.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Massif rocheux. Forage non tubé.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage tubé.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Diagraphie de vitesse sismique (parfois exprimée en lenteur = inverse de la vitesse).

**PRINCIPE :**

Mesure de la vitesse sismique en m/s dans un forage au moyen d'une sonde plaquée à la paroi sur laquelle se trouve une source sismique et deux récepteurs (accéléromètres).

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

ALLARD P. (1983) - Prévision de la blocométrie à partir des diagraphies microsismiques. *Bull. Liaison Labo Ponts et Chaussées*, n° spécial : "les enrochements", septembre 1983.

PUECH J.P., GUENOUN A., HAVARD H. et BIOCHE P. (1983) - Apports de la diagraphie microsismique à l'étude des déblais rocheux. *Bull. AIGI-IAEG*, n° 26-27, Paris.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : diamètre de forage, profondeur du tubage s'il existe.

**AUTRES APPELLATIONS :**

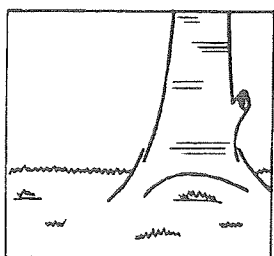
Néant.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 31	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'état du forage : tubage, eau, diamètre.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la bonne qualité du couplage.</li> <li>• Vérifier que le pointé des temps de trajet est fait avec une erreur inférieure à 10 <math>\mu</math>s.</li> <li>• Remonter les signaux en surface.</li> <li>• Utiliser un pas de mesure inférieur à la plus petite distance émetteur-récepteur.</li> <li>• Profondeur connue à 0,5 % près</li> <li>• Contrôler le fonctionnement dans un tube étalon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde sismique.</li> <li>• 1 système de représentation des signaux sismiques avec dispositif de pointé du temps de trajet.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation des forages.</li> <li>• Diagraphies des temps de trajets ou des vitesses.</li> </ul>
Traitement de données	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualisation des différentes unités caractérisées par leur vitesse sismique.</li> <li>• Identification des fractures par comparaison avec d'autres diagraphies.</li> <li>• Confrontation des enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien .</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE SONIQUE

**MÉTHODE :** Diagraphies sismiques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Génie civil : prévision de l'aptitude au terrassement. Fracturation.  
Stratigraphie. Contrôle des coupes temps en sismique réflexion.  
Hydrogéologie : estimation de la porosité.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forages noyés - non tubés. Vitesse des ondes dans les terrains supérieure à la vitesse dans le fluide de forage.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forages tubés. Forages secs.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Diagraphie et vitesse sismique (onde ou compression) ou d'un  $\Delta t$  (écart de temps d'arrivée) sur un intervalle fixe.

**PRINCIPE :**

Mesure en continu de la vitesse sismique en m/s dans un forage noyé au moyen d'une sonde comportant au moins une source et deux récepteurs.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

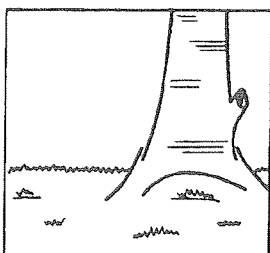
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : profondeur et diamètre du forage.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Carottage sismique.

**VARIANTES :**

Sonique compensé.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 32	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que le problème posé entre dans le domaine d'application</li> <li>• Vérifier l'état du forage : diamètre, présence d'eau, absence de tubage.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remonter les signaux sismiques.</li> <li>• Contrôler le fonctionnement dans un tube de vitesse sismique connue.</li> <li>• Vérifier que l'erreur de pointé est inférieure à 10 % du temps correspondant à une vitesse de 4 000 m/s.</li> <li>• Effectuer les mesures en remontant la sonde.</li> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Contrôle graphique des signaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde sonique.</li> <li>• 1 système de représentation des signaux sismiques avec dispositif de pointé.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation des forages.</li> <li>• Diagraphies des <math>\Delta t</math> ou des vitesses.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualisation des différentes unités. identification des fractures.</li> <li>• Confrontation des enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies dans ce forage ou des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## DIAGRAPHIE SONIQUE MULTIPARAMÈTRES

**MÉTHODE :** Diagraphies sismiques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie, mine, génie civil : identification de la lithologie, détection de la fracturation, évaluation de la cimentation.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Valorisation d'un forage contenant un fluide en trou ouvert ou tubé et cimenté.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Trou sec ou mal tubé.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement dans un forage des temps de propagation (en  $\mu$ s), des amplitudes et des atténuations des ondes P, S et STONELEY, en vue de caractériser les propriétés mécaniques de la roche (porosité, perméabilité, fracturation), jusqu'à 5 m autour du forage.

**PRINCIPE :**

Etude de la propagation, dans les matériaux, d'une impulsion mécanique, onde de compression et de cisaillement (onde directe, réfractée et réfléchie) entre plusieurs émetteurs et plusieurs récepteurs situés sur une ou plusieurs sondes et à des distances différentes. Domaine de fréquence : 1 à 25 kHz.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

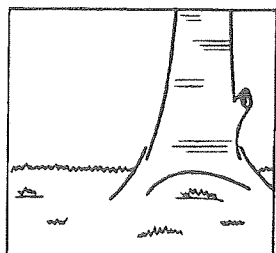
ARDITTY P., GEHANT D. (1989) - EVA : Une nouvelle génération de diagraphie. *Pétrole et Techniques*, n° 347.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage (diamètre, profondeur, lithologie), niveau et nature du fluide.



**AUTRES APPELLATIONS :**

Full waveform sonic. Carottage acoustique.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 33	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité de mise en œuvre (diamètre du forage - fluide).</li> <li>• Préciser nature de la sonde (écartement entre points d'émission et points de réception), nature de l'émission (piézoélectrique ou magnétostrictive).</li> <li>• Etablir un mode opératoire : (vitesse d'enregistrement, bande de fréquences, séquence de tirs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualiser les signaux et s'assurer de la production et de l'enregistrement d'ondes P, S et Stoneley ; échantillonnage adapté aux plus hautes fréquences utilisées ; fixer la durée de l'enregistrement (quelques millisecondes).</li> <li>• Mesure de profondeur à 0,5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur numérique multicanaux.</li> <li>• 1 sonde sonique adaptée.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrements numériques et contrôles analogiques.</li> <li>• Identification du forage.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul des lenteurs compensé des variations de diamètre ou des vitesses, des amplitudes et des atténuations (éventuellement) pour les 3 types d'ondes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul logiciel adapté aux caractéristiques de l'outil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrammes et enregistrements traités.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de paramètres mécaniques (coefficient de Poisson, module de Young...)</li> <li>• Identification des horizons lithologiques, de la fracturation.</li> <li>• Evaluation de la porosité, du % argiles, de la densité des formations (éventuellement, si autres diagraphies).</li> <li>• Confrontation des enregistrements avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies dans ce forage ou des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien</li> </ul>	Néant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique</li> </ul>

## IMAGERIE ACOUSTIQUE

**MÉTHODE :** Diagraphies sismiques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Analyse géologique de détail : étude de la structure des formations ; étude de la fracturation (trou nu).

Caractérisation technique du forage : évaluation de cimentation, étude de corrosion de tubage.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Mise en évidence des contrastes de réflectivité, aux ondes ultra soniques, de l'interface fluide-roche.

Forage rempli de fluide (eau claire).

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Trou cavé.

Boue avec particules en suspension.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image orientée et déroulée visualisant l'amplitude et parfois le temps de trajet du signal réfléchi sur la paroi du forage.

**PRINCIPE :**

Auscultation de la circonférence du forage à l'aide d'un faisceau d'ultra-sons dont on recueille les rayons réfléchis sur la paroi. Le temps de trajet aller-retour (sonde centrée - parois - sonde centrée) varie avec la géométrie du forage ; l'amplitude du signal dépend de la réflectivité acoustique des matériaux de la paroi.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

TAYLOR T.J. (1983). - Interpretation and application of borehole televiewer surveys. SPWLA 24th Annual Meeting and Logging Symposium. June 1983.

ZEMANEK J., Glenn E.E., Norton L.J., Caldwell R.L. (1970) - Formation evaluation by inspection with the borehole televiewer. Geophysics, vol. 345, n° 2.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage, qualité de la boue, résolution souhaitée.

**AUTRES APPELLATIONS :**

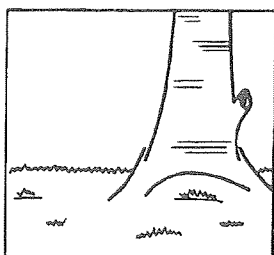
Borehole televiewer, BHTV, SABIS.

**VARIANTES :**

Imagerie électrique.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et l'option retenue.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 34	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation</b> (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le diamètre du forage, la nature du fluide remplissant le trou.</li> <li>• Déterminer la fréquence de balayage et la vitesse de remontée en enregistrement en fonction de la résolution souhaitée (choix de la sonde adoptée).</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données</b> (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification du train d'onde réfléchi.</li> <li>• Contrôle du temps de transit en relation avec le diamètre nominal de forage et la nature du fluide.</li> <li>• Contrôle du taux d'échos reçus.</li> <li>• S'assurer de la régularité de la vitesse de remontée de la sonde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde avec module d'orientation et dispositif de centrage.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil avec asservissement de vitesse.</li> <li>• 1 enregistreur numérique.</li> <li>• 1 système de mesure de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichier de mesures numériques.</li> <li>• Identification du forage et des paramètres d'enregistrement.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de l'image acoustique orientée de la paroi du forage.</li> <li>• Option : étude de la variation en continu de la section du forage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen de calcul.</li> <li>• Imprimante graphique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restitution de l'image des amplitudes.</li> <li>• Image des temps de transit (option éventuelle).</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le cas échéant, traitements d'images.</li> <li>• Détection des structures.</li> <li>• Confrontation des résultats avec le contexte géologique, géotechnique ou géophysique.</li> <li>• Comparaison avec d'autres diagraphies (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Station de travail informatique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image améliorée et le cas échéant diagrammes structuraux.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 superviseur géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **DIAGRAPHIE DE DÉBITMÉTRIE**

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie, géotechnique : reconnaissance des arrivées préférentielles d'eau dans un forage.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage en milieu fissuré après nettoyage.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Diamètre trop important, trou peu productif.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Répartition verticale des débits relatifs proportionnels au débit de sollicitation.

**PRINCIPE :**

Mise en mouvement de l'aquifère grâce à un pompage et mesures des vitesses verticales de l'eau à différents niveaux.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1968) - Théorie et interprétation des diagraphies. Technip.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : diamètre de l'ouvrage, profondeur, résultats d'essais de débit antérieurs.

**AUTRES APPELLATIONS :**

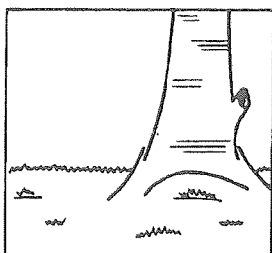
Flowmètre, débitmètre, micromoulinet.

**VARIANTES :**

Flowmètre à impulsion thermique, système optique ou sonique ...

**UNITÉ DE PRIX :**

Forfait à l'opération.



**BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC**

92.1 DIA 41	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le diamètre du forage.</li> <li>• Vérifier à partir des essais antérieurs le débit de pompage à assurer en tête pour obtenir une vitesse suffisante sans induire un rabattement trop important.</li> <li>• Etablir le mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien assisté d'un hydrogéologue.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Créer une vitesse ascensionnelle supérieure ou égale à 1 cm/s.</li> <li>• Régime de pompage stabilisé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur</li> <li>• 1 micromoulinet</li> <li>• 1 treuil d'enroulement du câble porteur.</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> <li>• 1 équipement de pompage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuilles de mesures avec identification du forage et des paramètres de mesure.</li> <li>• Courbe cumulée des débits relatifs en % en fonction de la profondeur.</li> </ul>
<b>Traitement de données (option, si acquisition numérique)</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser les niveaux productifs.</li> <li>• Confronter au contexte géologique.</li> <li>• Comparer avec d'autres diagraphies (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Courbe cumulée des débits relatifs en % en fonction de la profondeur avec indication des niveaux productifs.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et fournir les indications pour dimensionner les équipements du forage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien assisté d'un hydrogéologue.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE TEMPÉRATURE DU FLUIDE

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Géologie (gradient géothermique).

Hydrogéologie : venues d'eau et correction de mesures électriques pour détermination de la salinité.

Contrôle du processus de cimentation dans les forages.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Existence d'un forage, tubé ou non, avec un fluide.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Déséquilibre des températures dans le cas de la détermination du gradient géothermique.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement en continu de la température en fonction de la profondeur.

Mesure en degré Celsius ; en option, enregistreur du gradient de température.

**PRINCIPE :**

Mesure de la température à l'aide d'un (ou deux capteurs pour gradient de température) dans un forage en fonction de la profondeur. Mesure à la descente.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1968) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

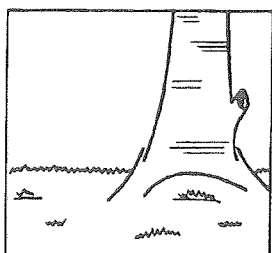
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : nature et niveau du fluide, profondeur du trou et caractéristiques (nu, tubé, diamètre, crépine).



**AUTRES APPELLATIONS :**

Température, log thermique, themométrie.

**VARIANTES :**

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 42	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier nature et niveau du fluide, profondeur du trou et diamètre.</li> <li>• Etablir le mode opératoire (mesure température ou température différentielle dans le fluide en équilibre thermique).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination de l'échelle de mesure.</li> <li>• Vitesse de descente de la sonde : faible et constante.</li> <li>• Mesure faite à 0,1°C près.</li> <li>• profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur</li> <li>• 1 sonde température</li> <li>• 1 câble relié à un treuil</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique de la température et/ou d'une différence de température.</li> <li>• Identification du forage et des caractéristiques de la mesure (sensibilité).</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul des gradients géothermiques (en option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des gradients de température.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des venues d'eau.</li> <li>• Niveau de cimentation des puits.</li> <li>• Corrections apportées aux diagraphies électriques (salinométrie).</li> <li>• Confrontation de l'enregistrement au contexte géologique.</li> <li>• Comparaison du gradient avec d'autres diagraphies dans ce forage ou dans des forages voisins (si elles existent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétée.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ DU FLUIDE

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Hydrogéologie (qualité de l'eau, pollution, venues d'eau, contrôle de la production).

Contrôle des mesures de résistivités et PS.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage avec fluide en équilibre, nu ou tubé crépiné.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Boue trop dense et fluide en déséquilibre.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement en continu de la résistivité du fluide en fonction de la profondeur.

Mesure en ohm ;

Option : salinométrie (mesure de température simultanée indispensable).

**PRINCIPE :**

Une cellule de mesure avec multiélectrode est descendue lentement dans le fluide.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDS R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

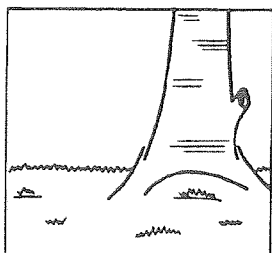
CHAPELLIER D. (1987) - Diagraphies appliquées à l'hydrologie. Technique & Documentation, Lavoisier.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Donner toutes les informations préalables disponibles : contexte géologique, résultat d'autres moyens de reconnaissance.

Informations utiles pour établir le programme technique : nature, niveau et densité du fluide ; caractéristiques du forage (profondeur, tubage et diamètre).



**AUTRES APPELLATIONS :**

"Mud Resistivity". Résistivité de la boue. Salinométrie.

**VARIANTES :**

Néant.

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 43	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier les caractéristiques de l'ouvrage la nature et le niveau du fluide.</li> <li>• Prévoir 12 h de délai minimum entre deux interventions sur le même forage.</li> <li>• Établir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etalonnage et définition de la sensibilité de la mesure (échelle).</li> <li>• Contrôle sur échantillon après prélèvement.</li> <li>• Mesure à la descente et à vitesse lente et constante ; couplée avec mesure de température : option salinométrie.</li> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 %.</li> <li>• Mesure de la résistivité à 3 %.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 sonde de résistivité du fluide.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 thermomètre (option salinométrie).</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement de la résistivité du fluide.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrections de température si option salinométrie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des conductivités de la salinité pour l'option.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermination des stratifications de l'aquifère (pollutions, biseau salé).</li> <li>• Détermination des venues d'eau et de leur importance (milieu fracturé).</li> <li>• Correction des mesures de résistivités électriques ou de P.S.</li> <li>• Confrontation de l'enregistrement au contexte géologique ou géophysique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphies interprétées.</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> <li>• Commenter les résultats et faire des recommandations pratiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## DIAGRAPHIE DE DIAMÈTRE

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Assistance à des opérations techniques de forage (cimentation, mise en place de packer, de bouchons...).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Caractérisation technique de forage en trou nu.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage tubé ou cimenté (sauf exception).

**RÉSULTAT FOURNI :**

Enregistrement du diamètre du forage en fonction de la profondeur (en cm ou en pouces) ; en option, enregistrement de la section ou du volume du trou de forage.

**PRINCIPE :**

Palpation des parois de forage par un ou plusieurs bras mobiles : l'ouverture des bras mesure un diamètre de forage.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.

SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

Informations utiles pour établir le programme technique : caractéristiques du forage (diamètre nominal, profondeur, équipements), précision recherchée.

**AUTRES APPELLATIONS :**

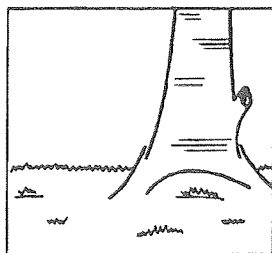
Caliper - diagraphie de diamètre.

**VARIANTES :**

Borehole televiewer (BHTV) : réflexion ultrasonique "multifingers" (outils spécialisés de haute précision).

**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC



92.1 DIA 51	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la nécessité de connaître la géométrie du forage :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- soit pour interpréter d'autres diagraphies,</li> <li>- soit pour assister des opérations en forage.</li> </ul> </li> <li>• Tenir compte du diamètre de la profondeur et de la nature du tubage.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler la chaîne de mesure sur chantier avec un diamètre de référence.</li> <li>• Gamme de mesure du diamètre comprise entre 1/4 et 3/4 de l'ouverture maximale du (des) bras.</li> <li>• Mesure de la profondeur à 0,5 % près.</li> <li>• Procéder à un contrôle graphique de l'enregistrement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 sonde diamètre avec centreur.</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique du diamètre.</li> <li>• Identification du forage.</li> </ul>
Traitement de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul de la section et/ou du volume du trou de forage. (option).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement de la section et/ou du volume cumulé à partir du fond du forage.</li> </ul>
Interprétation géophysique	Sans objet (sauf appui à autres diagraphies).	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Sans objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **TRAJECTOMÉTRIE**

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Positionnement précis de forages (miniers, pétroliers).

Génie civil : suivi des mouvements de terrain. Correction des mesures de sismique entre forage (cross-hole, tomographie).

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Mesure en forage - tubé ou non.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Néant.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Trajectoire d'un forage en trois dimensions : coordonnées des points situés sur l'axe du forage.

**PRINCIPE :**

Mesure de l'inclinaison et de l'azimut de l'axe du forage en fonction de la profondeur.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

Néant.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.

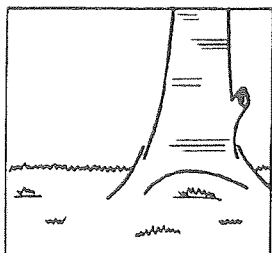
Informations utiles pour établir le programme technique : diamètres et profondeurs des sondages - Nature du tubage.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Inclinométrie.

**VARIANTES :**

Néant.



**UNITÉ DE PRIX :**

Le mètre linéaire enregistré ou la journée de mesure selon la profondeur des forages, la distance qui les sépare et l'option retenue.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 52	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation (analyse - étude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte du diamètre de la profondeur et de la nature du forage tubé ou non.</li> <li>• Prévoir une diagraphie de diamètre si nécessaire.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repérer la tête du forage, origine des mesures.</li> <li>• Donner une référence d'azimuth.</li> <li>• Effectuer les mesures point par point avec un pas inférieur à la moitié de la longueur de la sonde, ou en continu, à faible vitesse selon le type de matériel.</li> <li>• S'assurer de bien mesurer l'azimuth.</li> <li>• Profondeur mesurée à 0,5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde inclinométrique et 1 tube carré ou rainuré, sans torsion.</li> <li>ou 1 sonde inclinométrique avec tige articulée sans torsion</li> <li>ou 1 sonde inclinométrique et mesure de l'azimuth incorporé.</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des angles (inclinaison et azimuth) en fonction de la profondeur.</li> <li>• Identification du forage.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcul des trajectoires par intégration des mesures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens de calcul géophysiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dessin de la trajectoire et liste de ses coordonnées.</li> </ul>
<b>Interprétation géophysique</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **DIAGRAPHIE DE CIMENTATION**

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**  
Vérification de la qualité de la cimentation d'un tubage en acier dans un forage.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**  
Forage tubé métallique rempli d'eau.

**INTERDIT D'APPLICATION :**  
Forage sec.

**RÉSULTAT FOURNI :**  
Enregistrement des variations qualitatives de la cimentation d'un tubage métallique en fonction de la profondeur.

**PRINCIPE :**  
Lors de l'utilisation de la sonde sonique dans un tube, si celui-ci est libre les amplitudes du signal reçu seront fortes ; s'il est bien cimenté, elles seront faibles. L'amplitude des signaux est donc un indice de la qualité de cimentation.

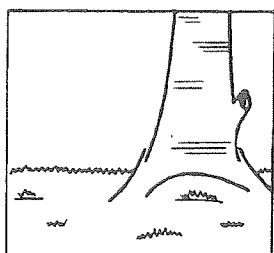
**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**  
DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Technip.  
SERRA O. (1979) - Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 1 et 2. Elf Aquitaine.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**  
Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Informations utiles pour établir le programme technique : position et diamètre des tubages, volume de ciment injecté, incidents de foration, niveau d'eau etc.

**AUTRES APPELLATIONS :**  
CEMENT BOND LOG (CBL) - Diagraphie d'adhérence du ciment.

**VARIANTES :**  
CEMENT EVALUATION TOOL (C.E.T.).

**UNITÉ DE PRIX :**  
Le mètre linéaire enregistré, ou la journée de mesure selon la profondeur des forages et la distance qui les sépare.



BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 53	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
Conception de la prestation (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir compte de la coupe technique de l'ouvrage : diamètre et position du tubage, volume de ciment injecté, incidents de foration, niveau d'eau.</li> <li>• Etablir le mode opératoire : vitesse de remontée, procédure de mesure...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
Mesure et/ou essai y compris restitution de données (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler le bon déroulement de la diagraphie en procédant systématiquement à un enregistrement graphique.</li> <li>• Assurer la régularité du déplacement de la sonde.</li> <li>• Mesure des profondeurs à 0,5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sonde sonique.</li> <li>• 1 câble relié à un treuil.</li> <li>• 1 enregistreur.</li> <li>• 1 système de mesure de la profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement graphique.</li> <li>• Identification du forage et paramètres de mesure.</li> </ul>
Traitement de données (option, si acquisition numérique)	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
Interprétation géophysique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des anomalies de cimentation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyens graphiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagraphie interprétée.</li> <li>• Coupe technique de l'ouvrage indiquant la qualité de la cimentation.</li> </ul>
Interprétation en terme de problème posé par le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique.</li> </ul>

## **CAMERA-VIDÉO EN FORAGE**

**MÉTHODE :** Diagraphies techniques.

**DOMAINE D'APPLICATION :**

Inspection de forage : chutes d'objets, état du tubage.  
Eaux souterraines : venue d'eau chargée, fracturation.  
Géothermie : dépôts et corrosion, point de bulle.  
Génie civil : présence de cavité.

**CONDITIONS D'APPLICATION :**

Forage sec ou en eau claire.

**INTERDIT D'APPLICATION :**

Forage avec fluide opaque.

**RÉSULTAT FOURNI :**

Image vidéo en temps réel de la paroi du forage (vue axiale et/ou radiale).  
Enregistrement sur bande vidéo, avec diagnostic de l'auscultation.

**PRINCIPE :**

Prise de vue par capteur vidéo dans une caméra, sous éclairage.  
Transmission du signal en surface par câble ombilical.

**INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES :**

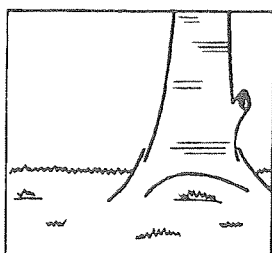
Néant.

**RECOMMANDATIONS POUR L'EXPRESSION DU BESOIN PAR LE CLIENT :**

Préférer un cahier des charges exprimé en terme de besoin à un programme technique préétabli.  
Informations utiles pour établir le programme technique : coupe technique de l'ouvrage, régime d'exploitation, qualité de l'eau, niveau statique, diamètre et profondeur du forage.

**AUTRES APPELLATIONS :**

Inspection vidéo.



**VARIANTES :**

Endoscopie en forage.

**UNITÉ DE PRIX :**

Forfait à l'opération avec pompage en option.

BRGM  
CGG  
CPGF  
LCPC

92.1 DIA 61	SPÉCIFICATIONS MINIMALES	PERSONNEL SPÉCIALISÉ	ÉQUIPEMENT DE BASE	DOCUMENT RÉSULTANT
<b>Conception de la prestation</b> (analyse - étude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la possibilité de mettre en œuvre l'équipement : diamètre intérieur, qualité de l'eau du forage, accès au puits.</li> <li>• Spécifier le besoin d'un pompage ou d'une injection d'eau.</li> <li>• Etablir un mode opératoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	Néant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme technique.</li> </ul>
<b>Mesure et/ou essai y compris restitution de données</b> (acquisition de données)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la netteté et le contraste de l'image.</li> <li>• Pompage (ou injection d'eau) simultané, si nécessaire.</li> <li>• Mesurer la profondeur à 0,5 % près.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 caméra-vidéo étanche avec dispositif d'éclairage.</li> <li>• système de mesure de profondeur.</li> <li>• 1 câble ombilical sur treuil.</li> <li>• 1 régie vidéo avec moniteur et magnétoscope.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bande vidéo, avec identification du forage et système de repérage de la profondeur.</li> </ul>
<b>Traitement de données</b>	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.	Sans objet.
<b>Interprétation géophysique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision complète des images.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur qualifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 magnétoscope et un moniteur.</li> <li>• 1 abaque donnant la dimension réelle des objets inspectés selon le diamètre du forage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commentaires sur les images (écrit ou audio sur la bande).</li> </ul>
<b>Interprétation en terme de problème posé par le client</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'avoir répondu au problème posé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 géophysicien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 magnétoscope.</li> <li>• 1 moniteur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport technique comportant un diagnostic de l'auscultation.</li> </ul>