

# PANDA NEWS

Numéro 5

LETTRE D'INFORMATION PÉRIODIQUE POUR LES PROFESSIONNELS  
DE LA MÉCANIQUE DES SOLS DE FAIBLE PROFONDEUR

1999-2000

## La norme enfin, la recherche toujours

ÉDITORIAL

De nombreux événements auront marqué la vie de Sol Solution au cours de cette année 1998-99.

En premier lieu, la confirmation du Panda comme outil de contrôle de compactage désormais adopté. La norme XP P 94-105 traduit les capacités de notre appareil

à caractériser, de manière indubitable, la qualité du compactage des remblais. Elle symbolise aussi la reconnaissance de nos efforts de recherche-développement en mécanique des sols de surface, et de toutes les avancées techniques aujourd'hui possibles par l'utilisation de l'informatique et de l'électronique, dans le BTP et ailleurs. Nos recherches portent désormais sur le traitement du signal Panda et de toutes ses informations.

Mais surtout, nous espérons beaucoup dans le traitement des essais Panda avec la géo-endoscopie (voir l'article sur la thèse de Pierre Breul). Il s'agit d'effectuer une prise d'image endoscopique dans le sondage préalable à un essai. L'image est ensuite analysée et traitée. Ainsi, la confrontation du signal mécanique du Panda et de la morphologie mathématique issue du traitement d'image procure de nombreuses informations complémentaires.

Aujourd'hui, quatre thèses sont en cours sur des thèmes concernant le Panda ou les géotextiles alvéolaires. Les recherches sont menées en France, principalement au LERMES/C/U/S/T de Clermont-Ferrand et à Grenoble, mais aussi à l'étranger : à la Polytechnic University de New York, à l'UCLA de Los Angeles, à Tsinghua, à Beijing, à Yichang, aux Trois Gorges (Chine) pour ce qui concerne les sols, à Cortina d'Ampezzo (Italie), à Mendoza (Argentine) pour l'étude du milieu neigeux.

Outre le développement de la recherche en reconnaissance des sols de surface, Sol Solution, soucieux d'offrir des produits et des prestations exempts de défauts, a investi dans la qualité en créant un service chargé de l'évolution des produits, en tenant compte du retour d'expérience.

## XP P 94-105 UNE NOUVELLE NORME FRANÇAISE POUR LES PÉNÉTROMÈTRES À ÉNERGIE VARIABLE

**APRÈS PLUSIEURS ANNÉES DE TRAVAIL EN COMMISSION ET UNE ENQUÊTE PUBLIQUE, LA NORME S'APPLIQUANT AU CONTRÔLE DE COMPACTAGE À L'AIDE DES PÉNÉTROMÈTRES DYNAMIQUES À ÉNERGIE VARIABLE, TEL LE PANDA, EST ENFIN APPROUVÉE.**

CETTE norme, qui porte le numéro XP P 94-105, est équivalente à celle qui s'applique aux pénétromètres à énergie fixe. Le texte de la norme sera disponible en février auprès de l'AFNOR (Association française de normalisation).

Pour la résumer, elle concerne tous les matériaux de remblais non évolutifs répertoriés dans la classification GTR française. Les contrôles effectués à l'aide du Panda sont évidemment conformes à cette norme. Elle permet de vérifier, en fonction de la classe des matériaux et de leur état hydrique :

- que la qualité de compactage (Q2, Q3 ou Q4) est atteinte sur toute la profondeur du remblais ;

- que les défauts qui subsistent éventuellement ne sont pas ou peu préjudiciables à la bonne tenue de l'ouvrage ;

- que les épaisseurs des couches compactées sont conformes au cahier des charges et au guide des terrassements routiers ;

- et enfin que si des planches d'essais sont réalisées sur des remblais-tests, elles peuvent servir de références pour la suite.

Sol Solution reste à la disposition de toutes les personnes intéressées par le sujet pour leur fournir des explications complémentaires.

Si des différences peuvent persister, dans les appréciations de qualité de compactage, entre les résultats obtenus avec des pénétromètres à énergie fixe et ceux issus d'appareils à énergie variable, elles sont très minimes

(inférieures ou égales à 2% de  $\gamma_d$ ) et peuvent avoir deux causes : la classification et l'état hydrique du sol de référence, ou le positionnement différent des tests comparatifs. En effet, il est difficile de disposer d'un remblai parfaitement homogène.

La comparaison entre essais in situ requiert donc de nombreux tests effectués en quinconce sur un matériau dont la mise en œuvre a été parfaitement contrôlée au préalable.



Nous savons toujours gré à ceux de nos partenaires et clients qui ont tout de suite cru en nos idées et accepté nos premiers appareils. Certes, ceux-ci avaient nécessairement les défauts de tout produit nouveau, mais l'expérience montre que l'esprit d'invention va généralement de pair avec celui de vouloir mieux faire...

Depuis le 9 novembre 1999,  
Sol Solution s'est installé à Riom,  
à 15 km au nord de Clermont-Ferrand :

**SOL SOLUTION**  
Z.A.C. des Portes de Riom, 63200 Riom  
Tél. 04 73 64 74 84  
Fax 04 73 64 74 80

# UNE RECONNAISSANCE À L'ÉCHELON INTERNATIONAL

**UN MILLIÈME PANDA A ÉTÉ LIVRÉ À UNE ENTREPRISE FRANÇAISE : CHIFFRE-SYMBOLE COURONNANT SEPT ANNÉES DE TRAVAIL, AU MOMENT DE L'APPROBATION DE LA NORME XP P 94-105. SOL SOLUTION EST ÉGALEMENT PRÉSENT SUR LES MARCHÉS SUISSE, BELGE, THAÏLANDAIS, EN GRANDE-BRETAGNE, EN CHINE ET MAINTENANT AUX USA : UN DÉVELOPPEMENT TOUS AZIMUTS, QUI PROGRESSE AU RYTHME DES PROCÉDURES OFFICIELLES DE RECONNAISSANCE. PARTOUT, LES ÉTUDES INITIÉES PAR DES ORGANISMES INDÉPENDANTS VIENNENT CONFIRMER LA FIABILITÉ DES RÉSULTATS DU PANDA. TOUR D'HORIZON INTERNATIONAL...**

**L**A VILLE de New York, dont les réseaux constituent un gisement immense et permanent de travaux publics, s'intéresse au Panda par le biais de ses départements des Transports (DOT) et de la Protection de l'Environnement (DEP). En vue d'agréer un équipement adéquat au contrôle de compactage, ces derniers ont financé et conduit en 1999 une étude comparative entre quatre appareils (Nucléodensitomètre, Dynamic cone penetrometer, Soil compaction meter et Panda). Les essais en aveugle sur six tranchées-tests avec défauts introduits ont tourné à l'avantage du Panda<sup>1</sup>, le seul qui ait détecté les six défauts. Les responsables du

DOT et du DEP ont donc souhaité la mise en place d'un accord de partenariat en vue de la formation de leurs personnels à l'utilisation du Panda, en 1999-2000. Leur objectif est de systématiser les contrôles au pénétromètre dynamique. D'autres collectivités et des compagnies de gaz et d'électricité ont elles aussi manifesté un vif intérêt pour le Panda – d'où la décision de créer rapidement une filiale américaine de Sol Solution.

Des procédures d'agrément ont également abouti auprès de la ville de Birmingham et de la Severn Trent Water Co., principale compagnie des eaux en Angleterre, où le Transport Research Laboratory de Londres a

référéncé le Panda pour une qualification sur le marché national. En Belgique, il est désormais inscrit aux cahiers des charges du RW 99 (Routes Wallonnes – ministère des Transports) et de la Société nationale des chemins de fer belges, notamment pour le tracé du TGV.

Les homologations officielles se multiplient dans le monde : à l'école polytechnique de Lausanne (une étude préalable est en cours), auprès des ministères chinois des Transports et de l'Energie, pour s'attacher entre autres à la prévention et la reconnaissance de stabilité des digues du Yang Tsé Kiang – un travail similaire existant sur les digues du Rhône, un projet de partenariat franco-chinois s'élabore avec l'appui d'EDF. Ajoutons enfin qu'en Thaïlande, le ministère de l'Irrigation a aussi agréé le Panda pour le contrôle des digues. Ainsi va la reconnaissance des pénétromètres à énergie variable en général, et en particulier du Panda comme outil prépondérant dans le contrôle de compactage à faible profondeur.

1. Les résultats de ces essais sont consultables sur Internet ([www.urban.poly.edu](http://www.urban.poly.edu)) ou sur simple demande à Sol Solution.

Nouvel accessoire pour le Panda

## La batteuse automatique

UTILISATION

LE PANDA S'EST IMPOSÉ pour le contrôle de compactage et la reconnaissance de sols, surtout par la grande fiabilité de ses résultats, mais aussi par sa facilité d'utilisation, encore accrue par un dernier équipement complémentaire : la batteuse automatique

LE BATTAGE MANUEL propre au Panda présente de gros avantages, comme sa légèreté et sa facilité de mise en œuvre quelles que soient les difficultés d'accès au terrain. Toutefois, une utilisation de plus en plus fréquente et surtout prolongée peut engendrer une certaine fatigue chez l'opérateur. Pour la réduire, la nouvelle option du battage automatisé propose un appareil que l'on vient positionner au-dessus du Panda et qui lâche un mouton d'une hauteur réglable. Le principe de prise de mesure reste identique, donc toujours aussi fiable. L'opérateur peut choisir entre battages manuel et automatique, voire passer de l'un à l'autre au cours même de l'essai.

Restant dans la lignée du Panda, la batteuse automatique est véritablement manipulable par une personne seule. Elle présente un angle de battement qui permet de l'utiliser sur des pentes



de 0 à 15°, ou de compenser l'éventuelle inclinaison de la tige due à un caillou.

La batteuse fonctionne à l'énergie pneumatique, d'où une durée de vie importante des composants en conditions difficiles, et le besoin d'une unique source d'approvisionnement en énergie : compresseur de chantier ou portable, une énergie économique, souvent déjà présente et utilisable pour d'autres applications.

Solide et doublement économique (par son prix et par la possibilité d'employer une seule batteuse pour plusieurs appareils), la batteuse automatique est compatible avec tout modèle de Panda. Elle est en outre simple et aisée à mettre en œuvre, tout en offrant une grande sécurité d'utilisation et un entretien réduit. Enfin, l'ensemble du matériel pneumatique et donc la logique de fonctionnement de l'appareil bénéficient d'un réseau de

distributeurs formés au SAV sur l'ensemble de la France.

Cette option de battage automatique, qui demeure dans l'esprit d'un appareillage simple, fiable et économique, s'inscrit ainsi dans la dynamique de développement du Panda, à l'écoute de ses usagers et en visant à leur offrir une gamme de prestations toujours plus large et performante.



Une thèse sur  
"l'œil du Panda"

## UN NOUVEL OUTIL : L'ENDOSCOPIE EN MILIEUX GRANULAIRES

SI LE PANDA A MONTRÉ TOUT SON INTÉRÊT DANS LA CARACTÉRISATION MÉCANIQUE DES MILIEUX GRANULAIRES (VOIR PANDA NEWS N<sup>OS</sup> 1, 2, 3 ET 4), NOTAMMENT EN RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE OU EN CONTRÔLE DES REMBLAIS, CET APPAREIL N'EN RESTE PAS MOINS "AVEUGLE" ET DONC INCAPABLE DE CARACTÉRISER PHYSIQUEMENT LES MILIEUX AUSCULTÉS. LA THÈSE DE PIERRE BREUL SUR L'UTILISATION DE L'ENDOSCOPIE OUVRE DES PERSPECTIVES INTÉRESSANTES, DU CÔTÉ DE LA RÉCOLTE IN SITU D'IMAGES DE MATÉRIAUX ET DE LEUR CARACTÉRISATION AUTOMATIQUE.

CETTE THÈSE DE DOCTORAT A ÉTÉ SOUTENUE LE 28 OCTOBRE 1999 À L'UNIVERSITÉ BLAISE PASCAL-CLERMONT II<sup>1</sup>.

L'ENDOSCOPIE, largement utilisée en médecine et de plus en plus dans l'industrie, permet d'obtenir des images de qualité dans des cavités inaccessibles ou dangereuses, en procédant de manière peu ou pas traumatisante. La recherche effectuée sur ce sujet avait deux objectifs. Premièrement, mettre en place un dispositif permettant, suite à un essai de pénétration au Panda, de récolter in situ des images exploitables. Deuxièmement, développer des procédures automatiques pour caractériser les milieux auscultés à partir de ces images. L'ensemble du travail s'appuie sur les techniques actuelles de traitement et d'analyse d'images (théories du traitement du signal et de la morphologie mathématique) ; il a été mené en partenariat avec la Communauté urbaine de Lyon et le fabricant d'endoscopes Kinoptik. A partir des images obtenues, quatre caractéristiques ont pour le moment fait l'ob-

VUES PAR UN UTILISATEUR

# Les évolutions du Panda

ENTRETIEN AVEC JEAN DESCHAMPS, ANCIEN RESPONSABLE DE CELLULE ETUDES ET TRAVAUX DU SERVICE TECHNIQUE ÉLECTRICITÉ DE TOURS (EDF-GDF SERVICES TOURAINE)

### Comment avez-vous découvert le Panda ?

J'ai assisté à la première démonstration du Panda à Clermont-Ferrand, en 1992, organisée par Sol Solution avec M. Roberti, responsable de la division études-travaux d'EDF Clermont, qui l'avait fait connaître aux autres centres EDF-GDF voisins. Mes collègues et moi avons tout de suite été séduits par cet appareil qui permet de mesurer le compactage, mais aussi les épaisseurs des matériaux mis en œuvre. C'était très intéressant pour nous, et nous avons été parmi les premiers utilisateurs du Panda. Avant, on n'avait rien de tel, excepté les prestations de la DDE avec un gammadensimètre, mais qui était limité en profondeur et ne mesurait que la densité, comparée à l'optimum Proctor.

### Comment avez-vous développé son utilisation ?

Dans un premier temps nous avons utilisé un Panda, puis nous avons développé en 1995 un

partenariat avec France Telecom et la DDE, autour d'un protocole pour le remblayage des tranchées. La signature de ce protocole a permis un rapprochement de tous les acteurs de terrain par une journée d'information commune à France Telecom, EDF-GDF et la DDE. EGS Touraine a poursuivi sa formation par un stage de 3 jours débouchant sur la connaissance des études géotechniques et géologiques et l'utilisation du Panda. Notre montée en puissance a permis l'achat de cinq Panda, un pour chaque groupe technique d'agence.

L'objectif, dans nos marchés de travaux, était que les entreprises parviennent à faire leurs propres autocontrôles, en nous remettant systématiquement une fiche de compactage en fin de chantier. Cela s'inscrivait dans une démarche de qualité globale, notamment avec les carriers qui ont été amenés à nous fournir la classification GTR de tous les matériaux livrés sur un chantier.

### Après 5 ans d'usage du Panda, quels défauts et qualités pouvez-vous signaler ?

Un inconvénient notable est la fragilité du ressort : dès qu'on travaille dans des résistances de pointe importantes, il est certain que la tête de l'engin souffre, et le ressort peut casser. Mais l'assistance technique et commerciale de Sol Solution est irréprochable, ils sont joignables très facilement et répondent très vite. Toutes les évolutions du Panda ont été des "plus", certaines indispensables comme la protection de la main, et d'autres très intéressantes pour nous, comme la prise de mesures "en direct" avec un ordinateur portable et une imprimante : pour prouver la qualité de compactage de matériaux aux gestionnaires de voirie, par exemple, c'était vraiment idéal. Il faut signaler aussi le changement de logiciel : en passant de MS-DOS à Windows, l'usage du Panda est devenu plus convivial, plus facile d'interprétation.

jet d'études approfondies : l'analyse de la texture des images, la granulométrie, l'étude de l'angularité et l'analyse de la colorimétrie des matériaux. L'étude d'autres caractéristiques, telle que la forme des particules par exemple, sont envisageables et seront développées prochainement.

### UN VASTE CHAMP D'APPLICATION

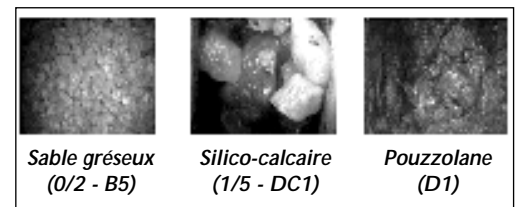
L'étude évolutive de ces caractéristiques en fonction de la profondeur permet de réaliser la stratigraphie du milieu, une reconnaissance et une caractérisation des matériaux en place. De plus, le couplage de cette technique avec des informations provenant de l'essai de pénétration amène une amélioration de l'analyse de chacun des essais, et apporte une caractérisation plus complète du terrain sondé. Enfin, la rapidité de mise en œuvre et le faible encombrement du matériel autorisent des essais dans n'importe quel endroit (zone urbaine ou rurale, pente, accès difficile...), de manière peu traumatisante (diamètre de la cavité : 16 mm). En outre, un grand nombre d'essais

peuvent être réalisés dans un laps de temps donné, améliorant ainsi la connaissance de la variabilité spatiale du milieu.

Le champ d'application de cette technique est vaste. A l'heure actuelle, elle a été testée avec succès en contrôle des remblais (contrôle des matériaux et contrôle de la mise en œuvre des matériaux autocompactants), en contrôle qualité en carrière, en reconnaissance des sols (reconnaissance géotechnique et archéologique), et en nivologie pour la caractérisation des différentes couches du manteau neigeux.

1. Le jury était composé de MM. les professeurs Pierre Bonton, président, Bernard Cambou et Frédéric Truchetet, rapporteurs, Daniel Boissier, directeur de thèse, et de MM. Roland Gourvès et Olivier Constant.

### Exemples d'images obtenues



Sable gréseux  
(0/2 - B5)

Silico-calcaire  
(1/5 - DC1)

Pouzzolane  
(D1)



## Panda en varappe...

L'usage du Panda peut être assez sportif, comme ici près de Chamonix à l'Aiguille du Midi, sous le refuge des Comiques (3 660 m), dans le Mont Blanc.

Le bureau d'études BETECH (74) voulait déterminer la profondeur de comblement des failles par de la glace et des roches très altérées, sur une interface de glissement entre dalles rocheuses.

## Formation

Les prochaines journées de formation à l'usage du Panda à Sol Solution se tiendront à Riom (Clermont-Ferrand) :

- le 3 février 2000,
- le 9 mars 2000,
- le 6 avril 2000,
- le 4 mai 2000,
- le 22 juin 2000.

## Le Panda sera présent...

► à **Intermat 2000**, du 16 au 21 mai 2000, à Paris-Nord Villepinte.

► à **Energie 2000**, du 13 au 15 septembre 2000, à Bordeaux.

► à **Pollutec 2000**, du 17 au 20 octobre 2000, à Lyon.

A FOS-SUR-MER

# UN CONFINEMENT DE CUVE PAR GÉOTEXTILE TRIDIMENSIONNEL

**LE SAVOIR-FAIRE DE SOL SOLUTION DANS L'UTILISATION DU GÉOTEXTILE TRIDIMENSIONNEL S'AFFINE DE CHANTIER EN CHANTIER. ICI, UNE CUVE DE 100 M<sup>3</sup> D'OXYDE ÉTHYLÈNE A ÉTÉ CONFINÉE EN UN MOIS, DANS LE STRICT RESPECT DES RÈGLES D'EXIGENCES PARASISMIQUES TRÈS LOURDES.**

L'ARRÊTÉ du 9 novembre 1989 précise les dispositions et orientations techniques pour prévenir les scénarios d'accidents les plus graves en milieu industriel. A ce titre, ce texte introduit le concept de réservoir sous talus, c'est à dire recouvert d'un mètre au moins de matériau dense et inerte constitué de terre ou de sable, le protégeant des effets thermiques ou mécaniques. Dans ce contexte réglementaire, un chantier de référence pour le géotextile alvéolaire tridimensionnel vient de s'achever sur le site pétrochimique de Fos-sur-Mer.

Les nécessités d'emprise propres à l'usine concernée ne permettaient pas une mise en place de la cuve sous talus naturel, il fallait donc se tourner vers une solution de type talus raidi à laquelle Sol Solution a répondu immédiatement. En effet, fort d'une expérience réussie sur deux ouvrages similaires l'année précédente, le bureau d'étude géotechnique réalisa une étude complète de stabilité, sur la base de données parasismiques très élevées (le talus devait pouvoir résister à un séisme horizontal de 0,45 g). Une fois la note de calcul vérifiée par les soins

d'un bureau de contrôle spécialisé, le chantier pouvait commencer.

Sur une dalle de béton rugueuse fondée sur pieux, on vint superposer les lits de géotextiles alvéolaires, ensuite remplis d'une grave (classée D3 selon le *Guide des Terrassements Routiers*) pour les parties externes et d'un sable fin (classé D1) pour les parties internes. Une fois arrivé à 1,75 m de hauteur, l'équipe de terrassement creusa, à l'aide d'un gabarit, une demi-lune dans le sable afin de déposer la cuve. Il ne restait qu'à l'entourer jusqu'à la hauteur finale (5,50 m) en prenant toutes les mesures de sécurité, tant au niveau du personnel que de la cuve dont la peinture de protection pouvait souffrir du moindre choc. Toutes les couches de ce talus raidi étaient contrôlées au Panda afin de vérifier la conformité du compactage réalisé avec une plaque vibrante de type PQ4.

La technique Sol Solution possède, dans ce type de chantier, une capacité d'adaptation lors de la mise en place des alvéoles textiles qui permet d'insérer toute l'instrumentation de production et de contrôle de la cuve, ainsi que les trappes de visite nécessaires au diagnostic de pathologie future.



LIRE

Ground Engineering, septembre 1999 : « The Panda lightweight penetrometer for soil investigation and monitoring material compaction », pages 33 à 37

- Norme XP P 94-105 : « Contrôle de la qualité du compactage - Méthode au pénétromètre dynamique léger à énergie variable » (Afnor)
- Pierre Breul, thèse de doctorat de l'université Blaise-Pascal, Clermont II, octobre 1999 : « Caractérisation endoscopique des milieux granulaires couplée à l'essai de pénétration »
- Alexis Rousset, mémoire du C/U/S/T, université Blaise Pascal-Clermont II, septembre 1999 : « The development of the Panda in the North-East of the United States »
- Edouard-Nicolas Knaub, mémoire du C/U/S/T, université Blaise Pascal-Clermont II, septembre 1999 : « Feasibility of the use of the Panda apparatus for the Royal Irrigation Department of Thailand ».

### Panda News,

lettre d'information pour les professionnels de la géotechnique de subsurface, est diffusée par

### Sol Solution S.A.,

ZAC des Portes de Riom - 63200 Riom  
tél. 04 73 64 74 84

**Directeur de la publication :**  
Olivier Constant.

**Directeur scientifique :**  
Roland Gourvès.

**Rédaction et mise en pages :**  
par Écrit, 3, rue de la Treille,  
63000 Clermont-Ferrand,  
tél. 04 73 91 03 24.