

Prix du procédé ou produit de l'année

Coordonnées de l'entreprise

Jean Lutz SA, 2 rue du Forbeth, 64110 Jurançon, France

Email : contact@jeanlutzsa.fr, pkaragiannopoulos@jeanlutzsa.com

Présentation de l'entreprise et du projet de la recherche

La société Jean Lutz est spécialisée dans la conception, la fabrication et la mise en œuvre d'appareils de mesure et de pilotage permettant la réalisation des fondations des grands ouvrages à travers le monde. Elle étudie, fabrique et met en œuvre l'instrumentation pour fondations spéciales utilisée lors de la construction des barrages, métros, tunnels et autoroutes. De plus, elle développe des logiciels pour l'exploitation et l'interprétation des données enregistrées par ces appareils (Site internet : www.jeanlutzsa.fr).

Description du nouveau produit-procédé

La réalisation de forages géotechniques est actuellement basée sur des machines de forage équipées d'un système de mesure de paramètres physiques dont l'analyse repose en grande partie sur l'expérience de l'opérateur du site. Le dispositif de mesure aujourd'hui disponible sur le marché et équipant la machine enregistre indirectement les paramètres de forage sur les éléments hydrauliques de la machine. Ainsi, pour être interprétées, ces mesures nécessitent un étalonnage de la machine qui ne tient pas compte des conditions d'utilisation (échauffement, usure, etc.). C'est la principale difficulté pour pouvoir dériver des paramètres composés qui peuvent être liés aux paramètres mécaniques et aux propriétés géotechniques.

L'amélioration de la gestion des forages et de la qualité des mesures ne sera possible qu'en améliorant les capteurs existants. Ce document présente la conception et la validation d'un nouveau type de capteur pour le MWD (Measuring While Drilling) visant à rendre les mesures indépendantes de l'hydraulique et de la puissance de la machine utilisée pour le forage.

Plus précisément, le nouveau capteur Ticor propose de révolutionner ce marché de l'investigation des sols en développant un nouveau système de mesure basé sur l'instrumentation *in situ* des tiges de forage. Placé juste en-dessous de la tête de rotation, il utilise un capteur haut de gamme purement sans fil et sans contact pour la mesure et la transmission. Les résultats du projet sont un gain de précision, une augmentation de la quantité et de la qualité des informations recueillies ainsi que des mesures qui peuvent être utilisées quantitativement pour la reconnaissance des sols et le dimensionnement des fondations.

Le nouveau capteur Ticor est une tige instrumentée avec des circuits intégrés miniatures introduits dans un ensemble mécanique et électronique robuste. Les dernières technologies de transmission d'informations sans fil ont été mises en œuvre. Elle est placée entre la tête du forage et le train de tiges qui remplace les capteurs 'classiques' connectés à l'hydraulique de la machine, comme on peut voir dans le schéma suivant. Cette tige est préalablement étalonnée sur un banc d'étalonnage dédié à cet effet et ainsi, ses mesures sont identiques pour chaque machine de forage indépendamment de son type et de sa puissance.

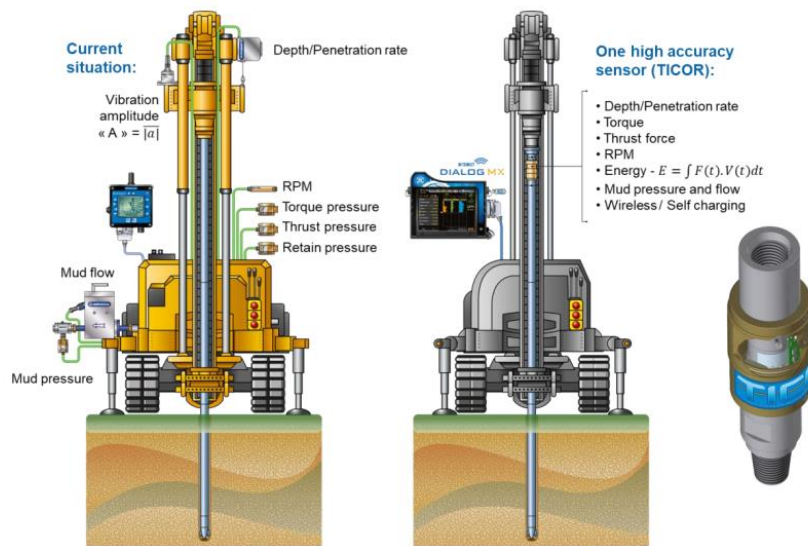


Figure 1 : Description du capteur Ticor et comparaison avec les capteurs 'classiques' hydrauliques



Figure 2 : Capteur installé sur une machine de forage utilisée pour la reconnaissance des sols

Description de l'aspect innovant et de sa valeur ajoutée

En 2018, Jean Lutz a commencé à développer un capteur de mesure de couple et de force longitudinale positionné en haut de l'arbre. Les premiers tests sur le terrain ont eu lieu avec Fondasol et l'université Gustave Eiffel au cours de l'année 2019, établissant une première étape vers le développement des solutions attendues.

Avant la solution Ticor, il n'existait pas de technologie *in situ* pour mesurer les paramètres de forage adaptés à la géotechnique. Celui-ci combine en un seul capteur sans fil (communication radio, charge par induction) les paramètres de mesure nécessaires à l'élaboration d'une étude géotechnique détaillée d'un site (comme décrit dans la Figure 1).

L'innovation réside dans l'approche *in situ* de la réalisation des mesures, c'est-à-dire que les capteurs sont positionnés plus près de l'outil de forage, ce qui a l'avantage d'éliminer les calibrages contraignants de la machine de forage et plusieurs approximations nécessaires lorsque les mesures sont faites indirectement (par exemple, le couple exercé sur l'outil est jusqu'à présent calculé à partir d'une pression hydraulique).

À terme, la création d'une base de données avec la quasi-totalité des types de sol est envisagée afin de procéder au dimensionnement des fondations directement par les mesures du capteur Ticor.

Les valeurs de différentes mesures enregistrées par le Ticor peuvent être comparées avec des abaques préalablement établis et ainsi, le type et la résistance du sol étudié peuvent être calculés avec une précision élevée seulement par ces mesures (sans avoir obligatoirement recours à d'autres essais *in situ*).

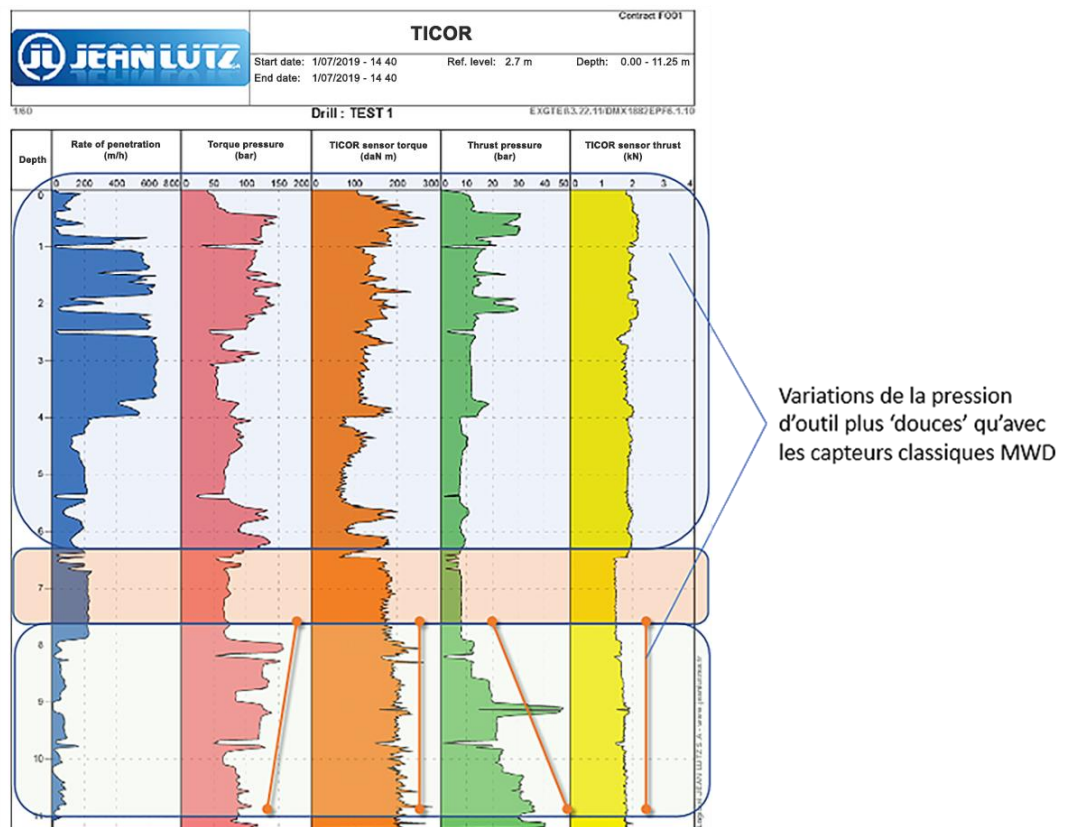
Premiers résultats

Pour les premiers essais avec ce nouveau capteur, les machines ont aussi été équipées avec les capteurs hydrauliques classiques 'MWD' afin de comparer les différentes mesures. Trois différents types de terrain ont été choisis :

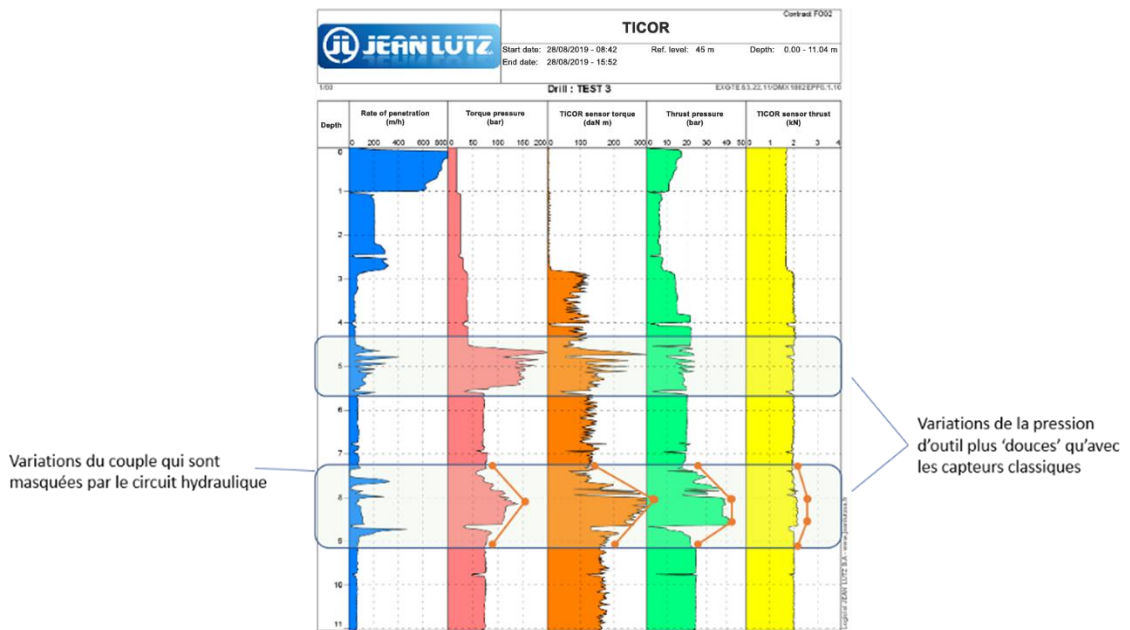
- Sable lâche jusqu'à très compact (grès), au Pays Basque Français
- Intercalations entre sable cimenté et granulaire, dans les Landes (France)
- Terrain rocheux (gneis à biotite) à Langenau, en Allemagne

On peut observer les profils des mesures issues des différents capteurs (MWD et Ticor) sur les graphiques suivants :

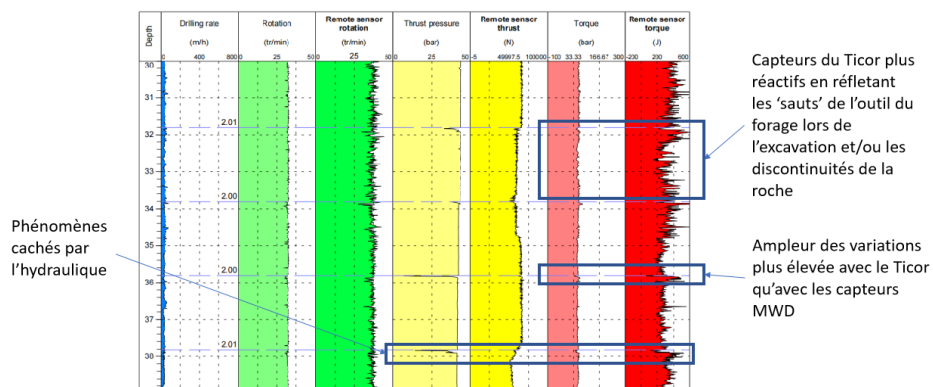
- Pays Basque



- Les Landes (France)



- Langenau, Allemagne



En examinant l'ensemble des graphiques ci-dessus, en général on constate une bonne qualité des résultats des tests avec le capteur Tidor. Plus précisément, une forte influence de la machine de forage (puissance, circuit hydraulique) peut être distinguée entre les essais en Allemagne (machine de forage très puissante) et en France (sondeuse classique pour la géotechnique).

L'allure des variations des valeurs mesurées par le capteur Tidor (bruitées ou lisses) reflète la ductilité du terrain (ductile ou fragile) mais aussi l'impact de la méthode du forage et de l'outil employé à la sollicitation réelle du sol (courbes plus ou moins lisses). De plus, les valeurs mesurées par le Tidor peuvent être considérées plus 'nettes-précises' étant donné que l'on 's'affranchit' du lissage issu de l'hydraulique sur les capteurs classiques MWD.

Dans les graphiques ci-dessous, on peut voir que les points de mesure ayant comme abscisse les valeurs des capteurs MWD et comme ordonnée les valeurs du capteur Tidor, se trouvent assez près de la bissectrice. Ce résultat confirme la forte corrélation entre les deux types de capteurs (valeurs brutes et nettes).

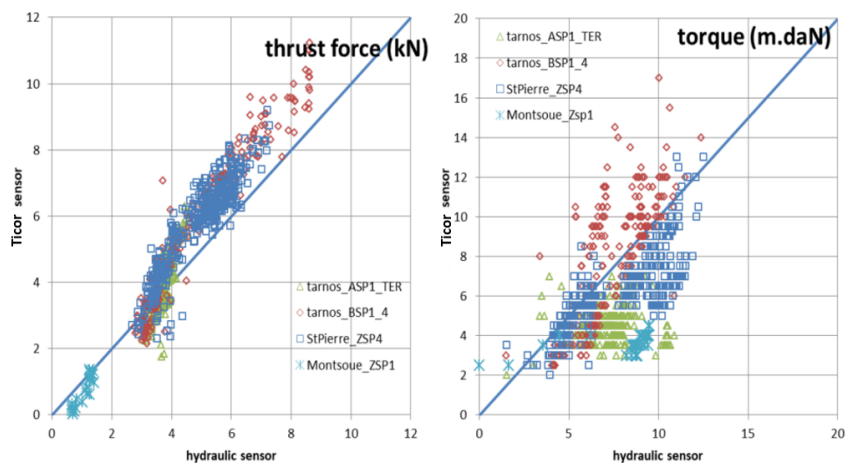


Figure 3 : Corrélation entre capteurs MWD et capteur Ticor pour les essais dans les Landes et le Pays basque

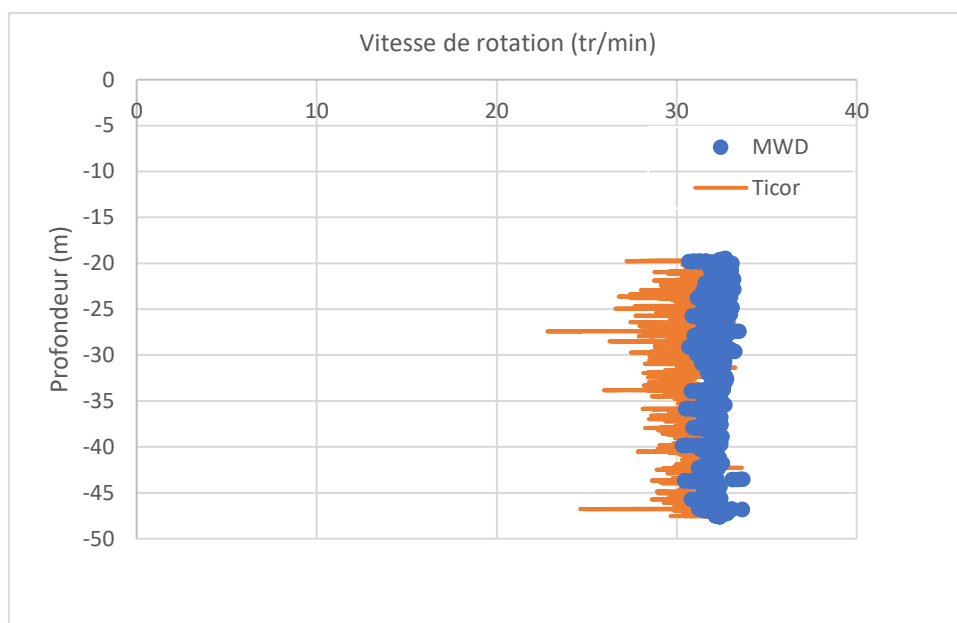


Figure 4 : Comparaison de la vitesse de rotation entre capteur Ticor et capteur de rotation MWD pour les essais en Allemagne

Perspectives

Le capteur Ticor est actuellement utilisé ponctuellement, lors de chantiers spécifiques. L'objectif final est de remplacer complètement les capteurs MWD en utilisant ses mesures directement pour le dimensionnement des fondations. Son développement et son amélioration sont continus et d'autres fonctionnalités seront rajoutées dans le futur proche.

Plus précisément, une diminution de sa longueur et une adaptation aux différents types de tête de forage sont envisagées afin qu'il soit utilisé par différents fabricants. Dans ce contexte, une optimisation de la plage des différents transducteurs selon l'utilisation et le type de la machine de forage doit être effectuée au cas par cas.

D'autres mesures peuvent être rajoutées telles que la fréquence de vibration, les accéléromètres, la pression d'injection, etc. Ce rajout des mesures peut élargir ses domaines d'application au forage géothermique, au forage des pieux, etc. L'objectif ultime serait la création d'une sondeuse 'intelligente' qui serait pilotée automatiquement en fonction des mesures effectuées par le

capteur Tigor, en temps réel. Il pourra à terme couvrir ses propres besoins énergétiques en profitant du mouvement de rotation des tiges et ainsi éviter les opérations régulières de recharge des batteries embarquées (en pratique peu effectuées par les opérateurs du chantier).