

Dossier de candidature

Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées

Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique



Dossier de candidature

Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées.

Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique

24/05/2023

1/13

Versions du document :

Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Nombre de pages	Observations
1	23/05/2023	AISHWARYA PRABHAKARAN	MERIAM KHEMAKHEM	OLIVIER PANNOUX	11 + 2 annexes	Première diffusion
0	17/05/2023	AISHWARYA PRABHAKARAN	MERIAM KHEMAKHEM	OLIVIER PANNOUX	9 + 2 annexes	Diffusion interne
<i>Document : GEOS_Concours Innovation Solscope 2023_V2.docx</i>						
Réf. projet :		Réf. document :				Date :
Candidature : Trophée d'Innovation Solscope		Candidature : Trophée d'Innovation Solscope R1.0				24/05/2023

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	COORDONNÉES DU CANDIDAT	4
3	PRÉSENTATION DE GEOS	4
4	DESCRIPTION DU NOUVEAU SAVOIR-FAIRE	5
4.1	LA SPÉCIFICITÉ TECHNIQUE	5
4.1.1	Problématique générale	5
4.1.2	Contexte général et objet de l'étude	6
4.1.3	Prise en compte du caractère orthotrope des panneaux de paroi moulée	8
4.1.4	Prise en compte de la diffusion des efforts apportés par les avoisinants	10
4.2	LE GAIN EN FIABILITÉ	11
4.3	LA DIMENSION RESPONSABLE	11

ANNEXE A **PRESENTATION GROUPE INGEROP (15 PAGES)**

ANNEXE B **PRÉSENTATION GEOS (15 PAGES)**

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAU(X)

AUCUNE ENTRÉE DE TABLE D'ILLUSTRATION N'A ÉTÉ TROUVÉE.

FIGURE(S)

Figure 1 : Vue en plan de la solution initiale de paroi moulée avec des refends devant les avoisinants sensibles.....	6
Figure 2 : Coupe de calcul 2D de la solution avec des refends devant les avoisinants sensibles .	7
Figure 3 : Géométrie des structures internes de la gare modélisée sous le logiciel PLAXIS 3D (modèle complet).....	8
Figure 4 : Repérage des éléments les plus rigides des deux boîtes : coins et le panneau en forme de « T »	8
Figure 5 : Phénomène de pianotage mis en évidence par la déformation différentielle entre chaque panneau de paroi moulée faisant face aux avoisinants.....	9



Dossier de candidature Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées. <i>Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique</i>	24/05/2023	3/13
--	------------	------

Figure 6 : Comparaison des contraintes horizontales de plusieurs phases de constructions entre le modèle complet de la gare et le modèle 2D calé. 10

Figure 7 : Comparaison des contraintes horizontaux avant (gauche) et après (droite) application des surcharges entre le modèle 3D simplifié et le modèle 2D calé 10

1 INTRODUCTION

SOLSCOPE est le salon national de la géotechnique, du forage et des fondations, tenu depuis sa création en 1992 chaque année impaire.

Le concours de l'innovation SOLSCOPE a pour vocation de récompenser les projets et réalisations les plus innovantes au sein des domaines de la géotechnique, du forage et des fondations.

Dans ce cadre, **GEOS** en tant que société d'ingénierie géotechnique, présente dans ce dossier une démarche innovante qui a été développée par ses ingénieurs géotechniciens pour optimiser et fiabiliser le dimensionnement des parois moulées, tout en respectant les exigences relatives à la limitation des déformations en arrière de parois liés à la présence d'avoisnants sensibles.

Cette méthodologie a été développée dans le cadre d'un projet d'une gare souterraine réalisée à l'abri des parois de soutènement dans un milieu urbain dense. Elle s'appuie sur une modélisation aux éléments finis 3D permettant de prendre en compte le caractère orthotrope des panneaux de parois moulées et la diffusion des efforts apportés par les avoisnants. La description du projet reste confidentielle à la demande du client.

2 COORDONNÉES DU CANDIDAT

Mme. Aishwarya PRABHAKARAN, Ingénieur de l'École Spéciale des Travaux Publics, du bâtiment et de l'industrie/ College of Engineering Guindy, Anna University en Inde, a acquis 7 années d'expérience. Elle est actuellement Cheffe de projet à l'agence parisienne de GEOS. Son principal domaine d'activité est celui de la mécanique des sols et des roches en interaction avec les ouvrages de génie civil, les bâtiments et les ouvrages souterrains.

Les personnes suivantes ont également contribué à ce dossier de candidature :

Mme. Meriam KHEMAKHEM, Ingénieur de l'École Nationale d'ingénieurs de Tunis et Docteur de l'École Centrale de Nantes, a acquis 10 ans d'expérience en bureau d'études spécialisé en géotechnique. Elle est actuellement cheffe de projet à l'agence Lyonnaise de GEOS.

M. Olivier PANNOUX, Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, a acquis 10 années d'expérience. Il est actuellement Directeur de projet à l'agence Lyonnaise de GEOS.

3 PRÉSENTATION DE GEOS

GEOS Ingénieurs Conseils, société fondée en 1989 et actuellement filiale du groupe d'ingénierie INGEROP, est spécialisée en géotechnique, géologie et hydrogéologie appliquées à l'ingénierie des ouvrages géotechniques et des travaux de génie civil et de bâtiment, mais aussi aux risques naturels.

Son expérience et son savoir-faire en matière d'études géotechniques et études de sol lui permettent d'intervenir sur des projets variés : infrastructures linéaires (routes, voies ferrées...), ouvrages souterrains, grands terrassements, projets urbains de construction neuve ou de réhabilitation d'ouvrages anciens, installations portuaires et industrielles, ouvrages hydrauliques...

L'objectif de GEOS est de rechercher en permanence la réponse géotechnique la mieux adaptée à un projet et à son environnement, en intégrant l'ensemble des contraintes techniques, financières et de délais. C'est par l'usage combiné de moyens de reconnaissance adaptés, de modélisations géomécaniques du site et d'approches de calcul optimisées par rapport aux besoins du projet, que GEOS a su développer un savoir-faire spécifique.



Dossier de candidature Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées. <i>Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique</i>	24/05/2023	5/13
--	------------	------

Par ailleurs, GEOS s'est attachée simultanément à développer et commercialiser différents logiciels spécialisés dans le domaine de la géotechnique, conçus par et pour des praticiens. Les principaux codes développés sont :

- **GEOSTAB**, pour la vérification de stabilité des talus naturels et artificiels intégrant aussi bien les paramètres géotechniques des projets que les paramètres hydrauliques ou sismiques.
- **GEOFOND**, pour le calcul des tassements et le dimensionnement des fondations (superficielles et profondes).
- **GEOMUR**, pour le dimensionnement des murs de soutènement à partir de la méthode de Culmann.

GEOS regroupe aujourd'hui une trentaine de professionnels répartis sur deux sites :

- Rueil-Malmaison en Région Parisienne,
- Lyon.

GEOS fait partie du groupe INGEROP. **INGEROP** est un acteur de référence en France et un acteur significatif à l'international, de l'ingénierie et du conseil en mobilité durable, transition énergétique et cadre de vie. L'ingénierie du groupe est tournée vers l'excellence technique, l'expertise, l'innovation, la transversalité et l'adaptation des solutions aux recherches et performances fonctionnelles de ses clients.

Plus de détails sont fournis en Annexe A (présentation de GEOS) et en Annexe B (présentation d'INGEROP).

4 DESCRIPTION DU NOUVEAU SAVOIR-FAIRE

4.1 LA SPÉCIFICITÉ TECHNIQUE

4.1.1 PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

GEOS a assisté un groupement d'entreprises en phase offre dans le cadre de la construction d'une nouvelle ligne de métro en France. La problématique fréquemment rencontrée est de construire de grands ouvrages enterrés tels que des boîtes gares en milieu urbain dense à proximité d'avoisnants sensibles aux déformations de terrain.

Dans ce contexte, et dans l'objectif de fiabiliser le dimensionnement des ouvrages, GEOS a mené une étude aux éléments finis s'appuyant sur une modélisation en 3D afin d'étudier :

- La prise en compte de l'effet voûte dans le sol du fait du caractère orthotrope de la paroi moulée constituant la boîte gare (présence de points durs au niveau des angles, joints entre panneaux).
- La diffusion des contraintes dans le sol provenant des bâtiments avoisnants situés à proximité des parois.

La prise en compte de ces deux phénomènes dans le modèle 3D permet d'optimiser le dimensionnement des parois, alors que la pratique courante de dimensionnement ne les prend pas en compte d'une manière suffisamment réaliste.

4.1.2 CONTEXTE GÉNÉRAL ET OBJET DE L'ÉTUDE

La conception des boîtes gares d'un métro doit la plupart du temps tenir compte de critères de tassements très exigeants liés à la densité urbaine dans laquelle sont implantés ces gares et à la présence de nombreux avoisinants (anciens, de grande hauteur,...). La sensibilité aux déformations de ces avoisinants s'avère dimensionnante pour les ouvrages à construire, qui sont le plus souvent réalisés à l'abri de parois moulées. Par simplification, ces études sont usuellement menées avec des modèles aux éléments finis 2D en déformations planes, ou par des modèles aux coefficients de réaction et des approches empiriques d'estimation des tassements.

Pour l'ouvrage étudié, la particularité est que la zone d'influence géotechnique (ZIG) inclut plusieurs bâtiments sensibles : le cas le plus critique est un bâtiment de 12 étages (R+12) fondé sur semelles superficielles et situé à seulement 4 m de la future gare. Le contexte géotechnique est en plus caractérisé par la présence des argiles plastiques ayant des paramètres mécaniques très faibles impliquant des efforts latéraux de poussée conséquents sur les parois.

Le modèle géotechnique et la stratigraphie retenus sont basés sur des reconnaissances géotechniques réalisées dans la zone de l'ouvrage et mettant en évidence une dissymétrie de la géologie le long de la future gare, qui est bien pris en compte dans l'étude.

Les études préliminaires, menées avec une modélisation aux éléments finis en 2D, ont conduit à une solution de parois moulées avec des refends pour réduire les déformations de la paroi, et de ce fait les tassements au niveau des avoisinants sensibles (Figure 1). La réalisation de refends entraîne des coûts substantiels liés aux quantités de matériaux mis en œuvre et aux délais d'exécution.

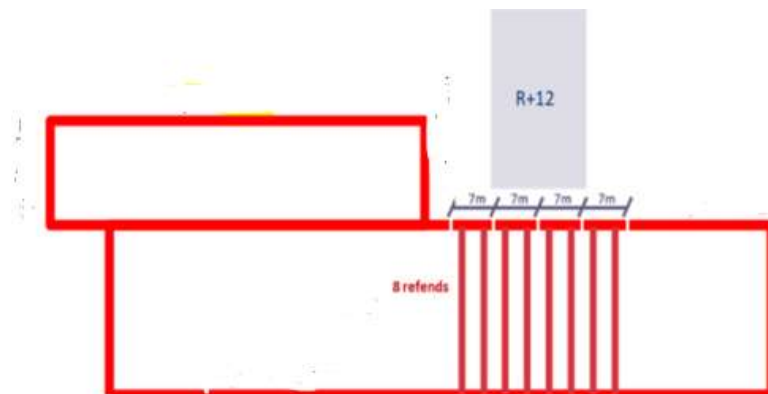


Figure 1 : Vue en plan de la solution initiale de paroi moulée avec des refends devant les avoisinants sensibles

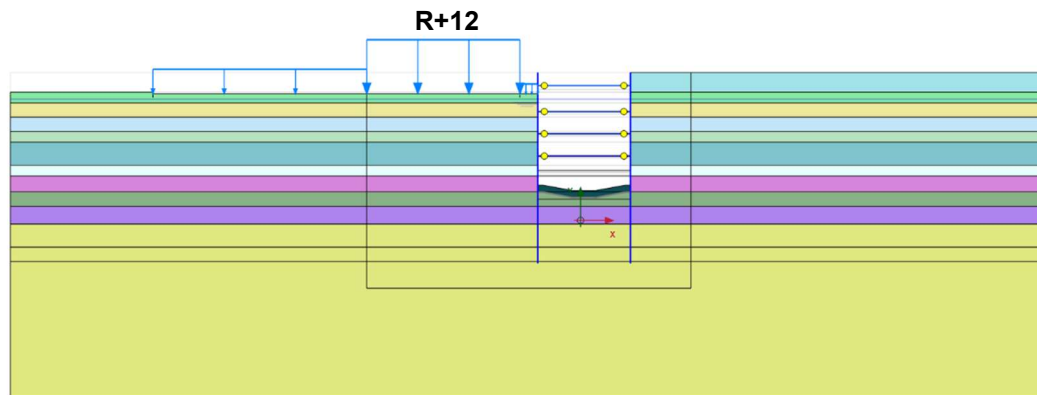


Figure 2 : Coupe de calcul 2D de la solution avec des refends devant les avoisinants sensibles

Au regard du contexte global, la modélisation 2D est très défavorable pour l'estimation des déformations de la paroi et des tassements au niveau des avoisinants sensibles pour les raisons suivantes :

- Le modèle 2D ne permet pas la prise en compte de l'effet de voûte qui se produit dans le sol du fait de la différence de rigidité entre les panneaux de paroi moulée des angles de la boîte-gare (panneaux en orange sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) plus rigides, et celles des autres panneaux de la gare, plus souples (panneaux en bleu sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- Le modèle 2D ne permet pas la prise en compte de l'effet tridimensionnel de la transmission des contraintes horizontales dans le sol dues aux surcharges provenant des bâtiments avoisinants. La modélisation en 2D impose l'hypothèse des surcharges infiniment longues alors qu'en réalité celles-ci sont locales par rapport à la longueur des parois moulées de la gare. La méthode analytique proposée par la norme NF P94-282 pour la prise en compte de l'effet 3D des surcharges locales est très conservatrice.
- La prise en compte de l'effet 3D de la transmission des contraintes dans les dalles en béton armée qui contiennent des zones plus rigides que d'autres en fonction des positions des trémies n'est pas possible en 2D (ce point n'est pas détaillé par la suite dans le cadre de ce dossier de candidature).

Du fait du caractère pessimiste d'une modélisation 2D pour l'évaluation des tassements, GEOS a proposé le recours à une modélisation 3D décrivant bien plus fidèlement la configuration géométrique des ouvrages afin d'affiner les estimations de tassements et de fiabiliser le dimensionnement de l'ouvrage (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette démarche a permis également la prise en compte des joints entre panneaux de parois moulées afin de modéliser le plus réellement possible le comportement de la boîte gare.

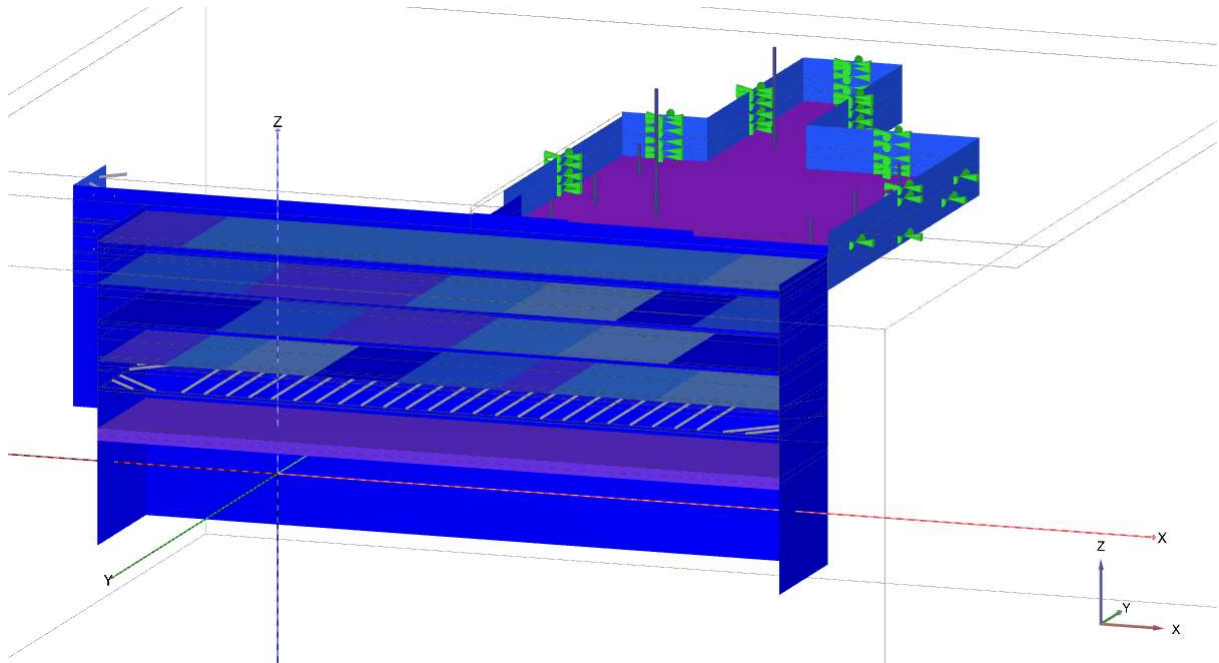


Figure 3 : Géométrie des structures internes de la gare modélisée sous le logiciel PLAXIS 3D (modèle complet)

4.1.3 PRISE EN COMPTE DU CARACTÈRE ORTHOTROPE DES PANNEAUX DE PAROI MOULÉE

Les panneaux constitutifs de la paroi moulée d'une boîte gare présentent un caractère orthotrope : les panneaux en forme de « L » au niveau des angles de la gare peuvent être considérés comme des monolithes, se révèlent beaucoup plus rigides que les panneaux de « section courante » et constituent des points durs de l'ouvrage. Pourtant, ce caractère orthotropique de l'ouvrage n'est pas souvent pris en compte dans les études des parois moulées.

La modélisation 3D permet de prendre en compte cette particularité.

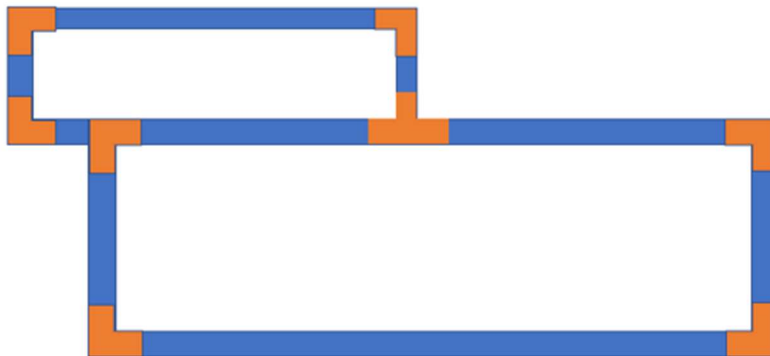


Figure 4 : Repérage des éléments les plus rigides des deux boîtes : coins et le panneau en forme de « T »

La modélisation 3D permet également de tenir compte de la discontinuité entre panneaux. En effet, la construction d'une paroi moulée se fait par panneaux indépendants l'un à l'autre. Ainsi, il n'existe pas de continuité horizontale de ferrailage entre les différents panneaux. Cela crée localement des discontinuités

et des zones moins rigides. Autrement dit, très peu d'efforts (moments de flexion ou efforts tranchants) sont transmis à l'interface des panneaux. De ce fait, la transmission des efforts internes, s'il y en a, induits latéralement dépend uniquement des joints entre panneaux, qui est soit constitués des joints remordus (contact béton-béton) soit de CWS (Construction Water Joint).

Cette absence de continuité entre les panneaux n'est souvent pas prise en compte : les parois sont usuellement modélisées par des éléments volumiques ou des éléments plaques continues, aux propriétés isotropes du béton, négligeant alors l'influence des joints de construction sur le comportement de la paroi et simplifiant la situation réelle qui pourrait conduire à des résultats trop optimistes par surestimation de la rigidité globale de la paroi. Au regard de la sensibilité des avoisinants aux déformations, et afin de fiabiliser le dimensionnement des parois, les joints entre panneaux ont été systématiquement modélisés dans notre modélisation 3D afin d'être le plus représentatif du comportement réel de la paroi.

La prise en compte de ces joints permet d'observer le phénomène de pianotage des panneaux de paroi moulée du fait que les panneaux les plus proches des avoisinants sont plus chargés que les autres et de la différence de rigidité entre les panneaux en forme « L » et « T » et les panneaux courants (rectangulaire) de la gare.

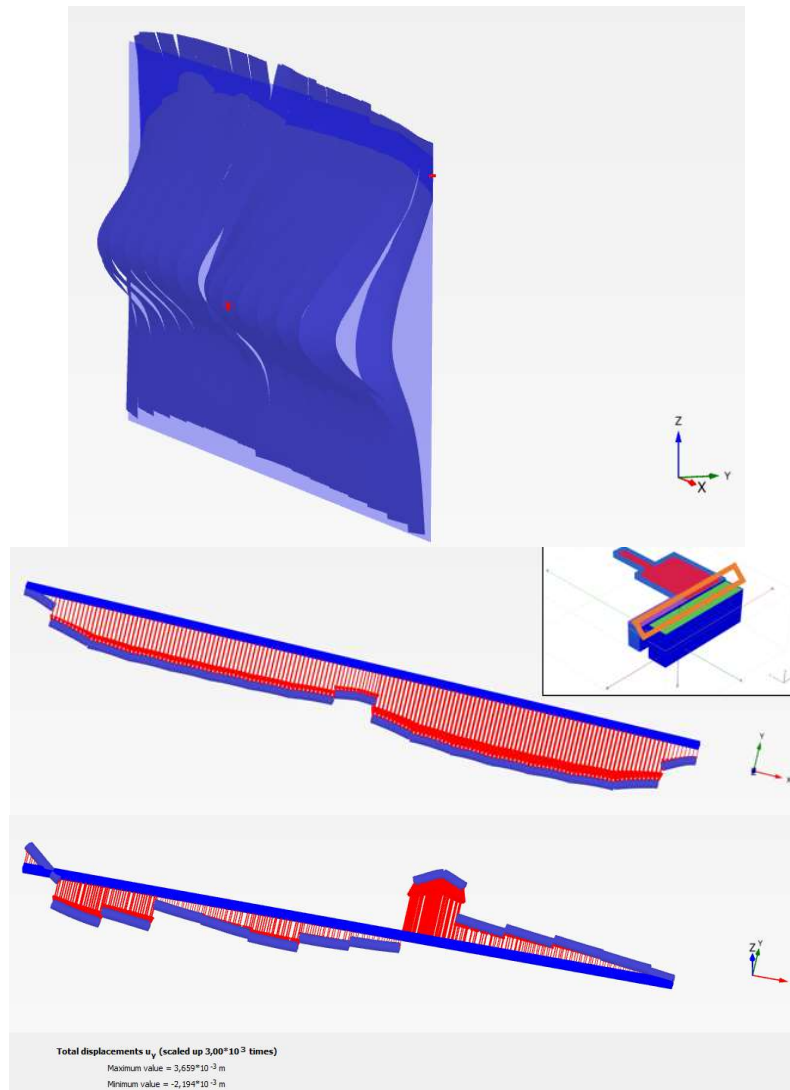


Figure 5 : Phénomène de pianotage mis en évidence par la déformation différentielle entre chaque panneau de paroi moulée faisant face aux avoisinants

4.1.4 PRISE EN COMPTE DE LA DIFFUSION DES EFFORTS APPORTÉS PAR LES AVOISINANTS

Le modèle complet de la gare en 3D a permis de prendre en compte de manière réaliste la diffusion des efforts apportés par les avoisinants, en limitant les biais liés à l'application d'approche empirique sur les modèles 2D. Le modèle complet en 3D nous a également permis de définir les coefficients minorateurs à appliquer pour prendre en compte la diffusion des efforts de poussée liés aux avoisinants dans nos modèles 2D en faisant une comparaison des contraintes horizontales effectives entre ces deux modèles. Pourtant, un modèle complet en 3D implique des coûts et des ressources importants, alors, un modèle 3D simple a été établi afin de pouvoir prendre en compte la diffusion des contraintes dans le sol, d'une manière efficace. Les étapes de validation de ce modèle 3D simple sont décrites ci-dessous :

- Les contraintes dans le sol du modèle complet PLAXIS 3D de la gare ont été comparées aux résultats d'un modèle 2D en déformation plane.
- Des coefficients minorateurs adéquats ont ensuite été ajustés puis appliqués sur les surcharges extérieures, associées au poids des ouvrages avoisinants, du modèle 2D. Ce calage mené dans le but d'obtenir à partir de ce même modèle 2D des états de contraintes qui soient les plus proches possibles de ceux issus de la modélisation 3D complète. Une comparaison entre les contraintes issues du modèle complet en 3D et celles issues du modèle 2D est présentée dans la figure ci-dessous, pour différentes phases de terrassements :

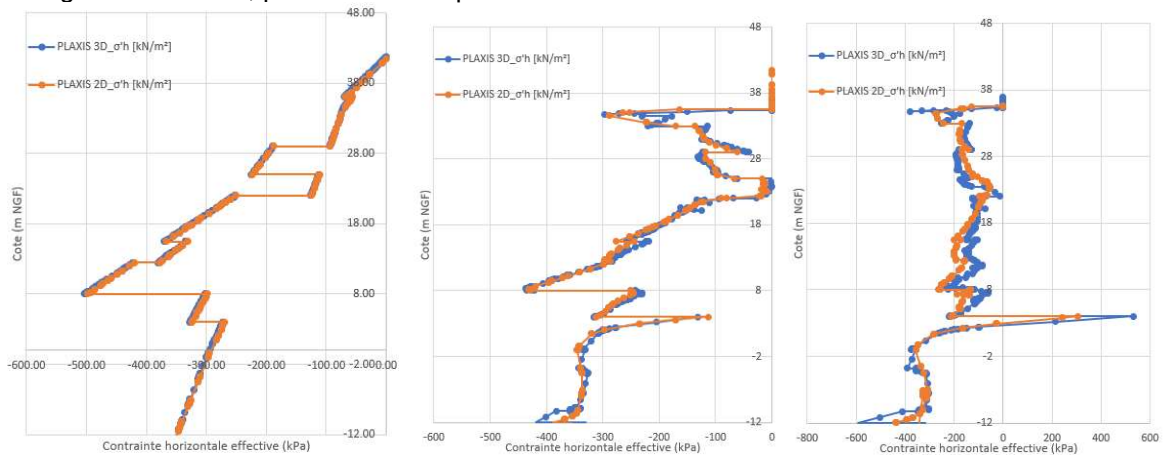


Figure 6 : Comparaison des contraintes horizontales de plusieurs phases de constructions entre le modèle complet de la gare et le modèle 2D calé.

- Une comparaison entre les contraintes issues du modèle en 3D simplifié et le modèle 2D est présentée dans la figure ci-dessous :

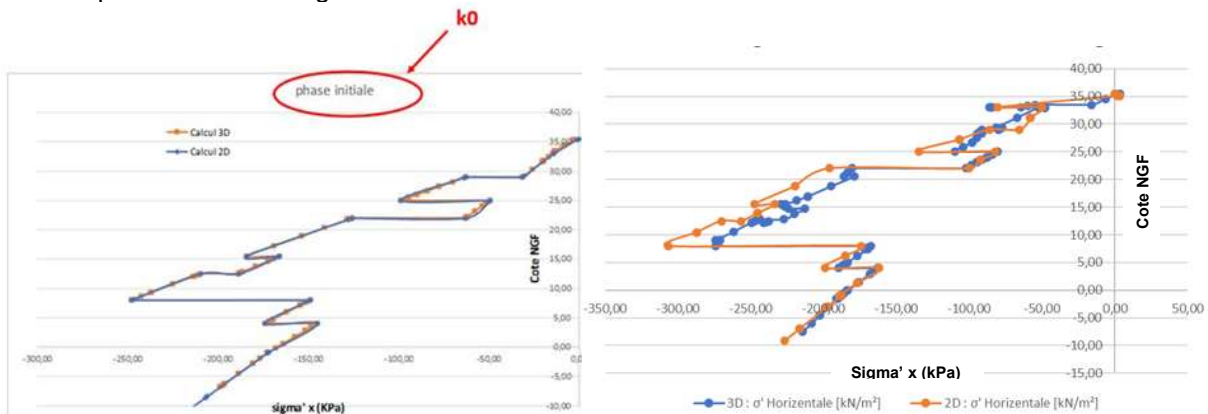


Figure 7 : Comparaison des contraintes horizontaux avant (gauche) et après (droite) application des surcharges entre le modèle 3D simplifié et le modèle 2D calé



Dossier de candidature Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées. <i>Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique</i>	24/05/2023	11/13
--	------------	-------

- Les contraintes effectives horizontales issues du modèle 2D, du modèle 3D simplifié et du modèle 3D de la gare montrent des efforts de poussée similaires pour les différentes phases de calculs (voir figure ci-dessus).

Cette démarche nous a permis de valider les coefficients correctifs à appliquer dans nos modèles 2D. De plus, un modèle de calcul 3D simplifié est suffisant pour calculer ces coefficients : il n'est pas nécessaire d'établir un modèle de calcul complet pour leur détermination. Cette approche pourra être employée également sur d'autres projets, en évitant la construction de modèles 3D complexes.

4.2 LE GAIN EN FIABILITÉ

La méthodologie mise en place par GEOS a permis de fiabiliser le dimensionnement de l'ouvrage. La prise en compte de la diffusion en trois dimensions des efforts apportés par les avoisinants a évité les surestimations liées à des méthodes analytiques 2D. La modélisation des angles de la gare a permis de prendre en compte l'effet voûte lié à ces points durs.

Au regard de la sensibilité des avoisinants aux déformations, il était nécessaire que la modélisation de la paroi soit la plus représentative possible de son comportement réel tout en veillant à éviter les biais qui pouvaient s'avérer trop favorables. C'est pourquoi la prise en compte des joints entre panneaux a permis de ne pas surestimer la rigidité globale de la paroi et de valider la suppression des refends initialement prévue en études préliminaires.

La démarche décrite en §4.1.3 et §4.1.4 est applicable à tout ouvrage similaire en milieu urbain dense et très contraint, et permet une modélisation plus réaliste des ouvrages et de leurs avoisinants.

4.3 LA DIMENSION RESPONSABLE

La modélisation aux éléments finis 3D a permis de supprimer les refends initialement prévus pour limiter les tassements au droit des avoisinants.

Cela a un impact direct sur les quantités de béton et d'acier, qui ont pu être fortement diminuées, ce qui contribue à la réduction de l'empreinte carbone du futur ouvrage.



Candidature : Trophée d'Innovation Solscope R1.0	Dossier de candidature Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées : Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique	24/05/2023	ANNEXE A
---	--	------------	----------

**ANNEXE A PRESENTATION GROUPE INGEROP (15
PAGES)**

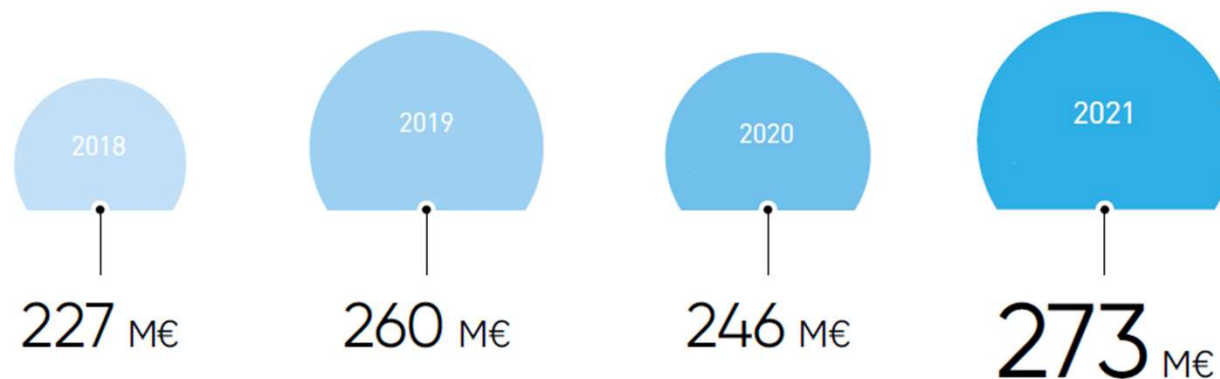


Réunir tous les talents
Aujourd'hui
pour un monde durable demain

Présentation du groupe

Ingérop en chiffres clés

UN CHIFFRE D'AFFAIRES EN NETTE REPRISE



CARNET DE COMMANDES

383 M€

A FIN FÉVRIER 2022

2 300

COLLABORATEURS DANS LE MONDE

A FIN DÉCEMBRE 2021

UNE DYNAMIQUE D'INNOVATION COLLABORATIVE

Développer l'innovation et accroître l'effort de recherche appliquée

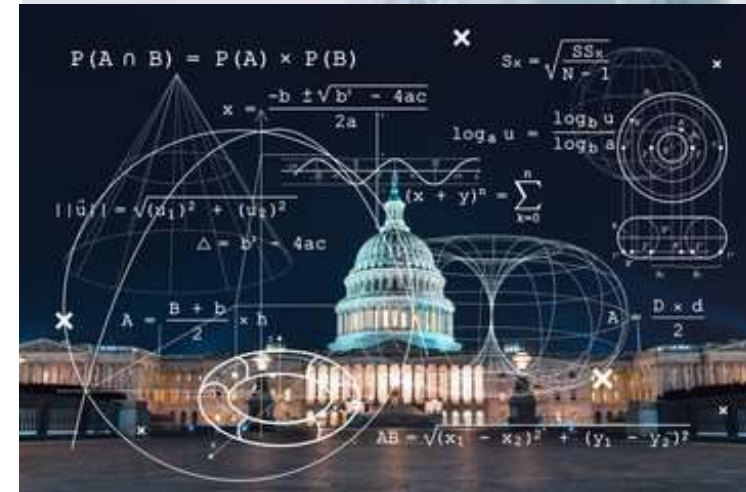
Ingérop est un intermédiaire privilégié entre les résultats des recherches qu'il promeut et leur mise en application au travers de solutions innovantes.

Les nombreux partenariats avec le monde académique ou les start-ups soutiennent notre stratégie d'innovation.

50 collaborateurs
impliqués dans l'enseignement supérieur

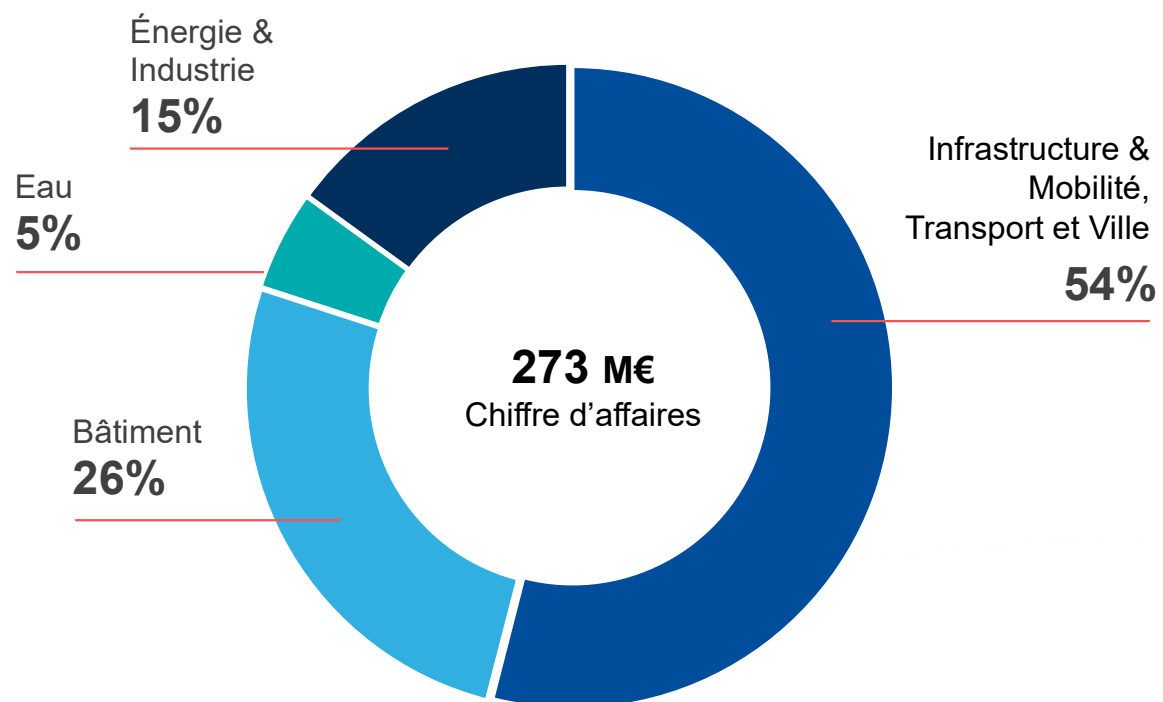
1 400 heures
d'enseignement dispensées par nos collaborateurs

95 000 heures
consacrées à la recherche & développement

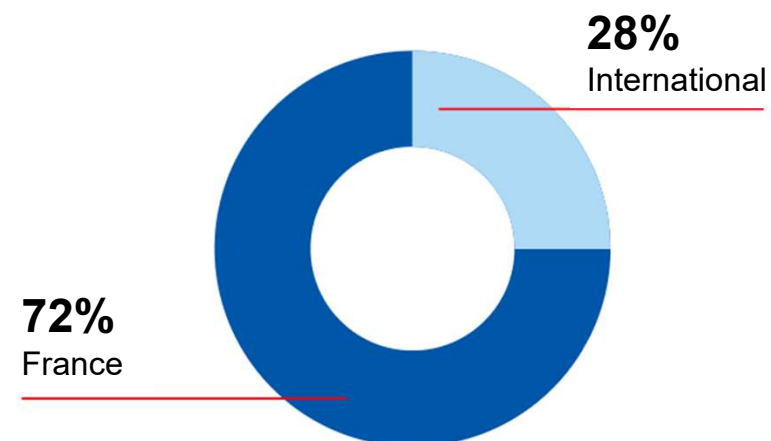


RÉPARTITION DE NOS ACTIVITÉS

Par activité



France - International

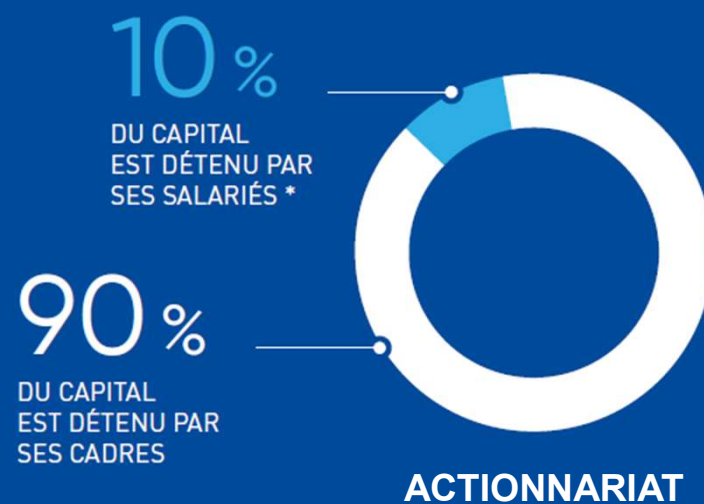


Des valeurs fortes

Liberté | Innovation | Responsabilité | Excellence



Un groupe indépendant et participatif



* VIA LE FONDS COMMUN DE PLACEMENT DE L'ENTREPRISE

INGÉROP, ATTACHÉ À SES ORIGINES ET À SA PRÉSENCE EN FRANCE

35

Sites en France



RÉUNION



GUADELOUPE



MARTINIQUE



SAINT-MARTIN



NOS FILIALES EN FRANCE



ARCORA

ACTERRA

ACXES BY INGÉROP

AVLS

CICAD

INGÉROP CONTRACTING

INGÉROP LIFE SCIENCES

GÉOS INGÉNIEURS CONSEILS

GLI

GUEZ CARAÏBES

INGÉROP, GROUPE TOURNÉ VERS L'INTERNATIONAL



77

Implantations
permanentes

2 300

Collaborateurs
dans le monde



NOS FILIALES À L'INTERNATIONAL

Amérique du Nord

INGÉROP CANADA

Amérique du Sud

INGÉROP PERU
INGÉROP CHILE
INGÉROP COLOMBIA
INGÉROP MEXICO

Europe

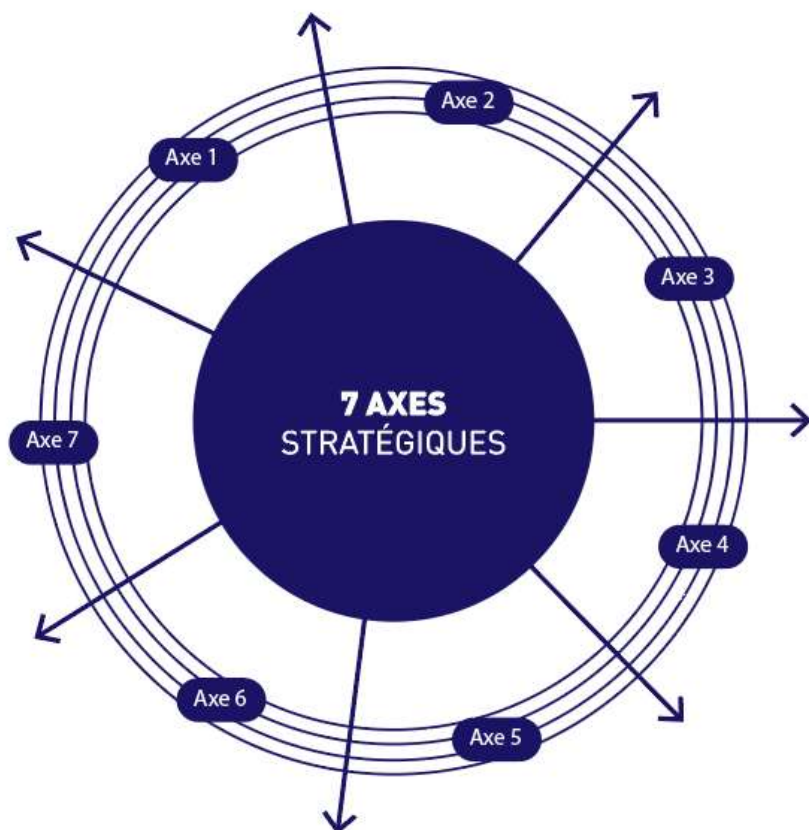
GÉOS INGÉNIEURS CONSEILS
INGÉROP BELGIQUE
INGÉROP BULGARIA
INGÉROP MONTENEGRO
INGÉROP POLSKA
INGÉROP T3
INGÉROP DEUTSCHLAND
- CODEMA INTERNATIONAL
- EDR
- INGÉROP DEUTSCHLAND CONSULTING
RENDEL

Afrique

HORIZON PROJECT MANAGEMENT
INGÉROP INTERNATIONAL CONSULTANTS
INGÉROP SOUTH AFRICA
INGÉROP MOZAMBIQUE
INGÉROP AFRIQUE INGÉNIERIE
INGÉROP EAST AFRICA
INGÉROP IVORY COAST
INTEC
INGÉROP ALGÉRIE

Asie & Pacifique

INGÉROSEC
RENDEL INGÉROP



1-L'ÉCOLOGIE

Construire des villes durables pour une vie meilleure. Opter pour des process et des matériaux plus vertueux. Limiter l'empreinte carbone. Encourager le développement des énergies alternatives. Être reconnu comme l'un des leaders dans le domaine de l'écologie.

2-LE DIGITAL

Concevoir des projets complexes grâce au BIM et au CIM. Poursuivre notre transformation pour être à la pointe sur tous les outils numériques à valeur ajoutée pour nos activités.

3-LES TALENTS

Participer à l'épanouissement des collaborateurs. Donner envie aux personnes talentueuses de nous rejoindre pour travailler avec nous. Être heureux d'imaginer une vie meilleure pour et avec nos parties prenantes.

4-LES SERVICES

Repenser notre organisation, c'est aussi proposer une offre de services lisible, développer la transversalité pour répondre aux besoins des projets complexes et être reconnu comme un acteur de référence dans chacun des secteurs d'activité où nous exerçons.

5-L'EXCELLENCE OPÉRATIONNELLE

Harmoniser nos pratiques. Renforcer plus encore la qualité de service apporté à nos clients. Déployer de nouveaux outils numériques. Gagner du temps sur des process à faible valeur ajoutée pour renforcer la motivation des équipes.

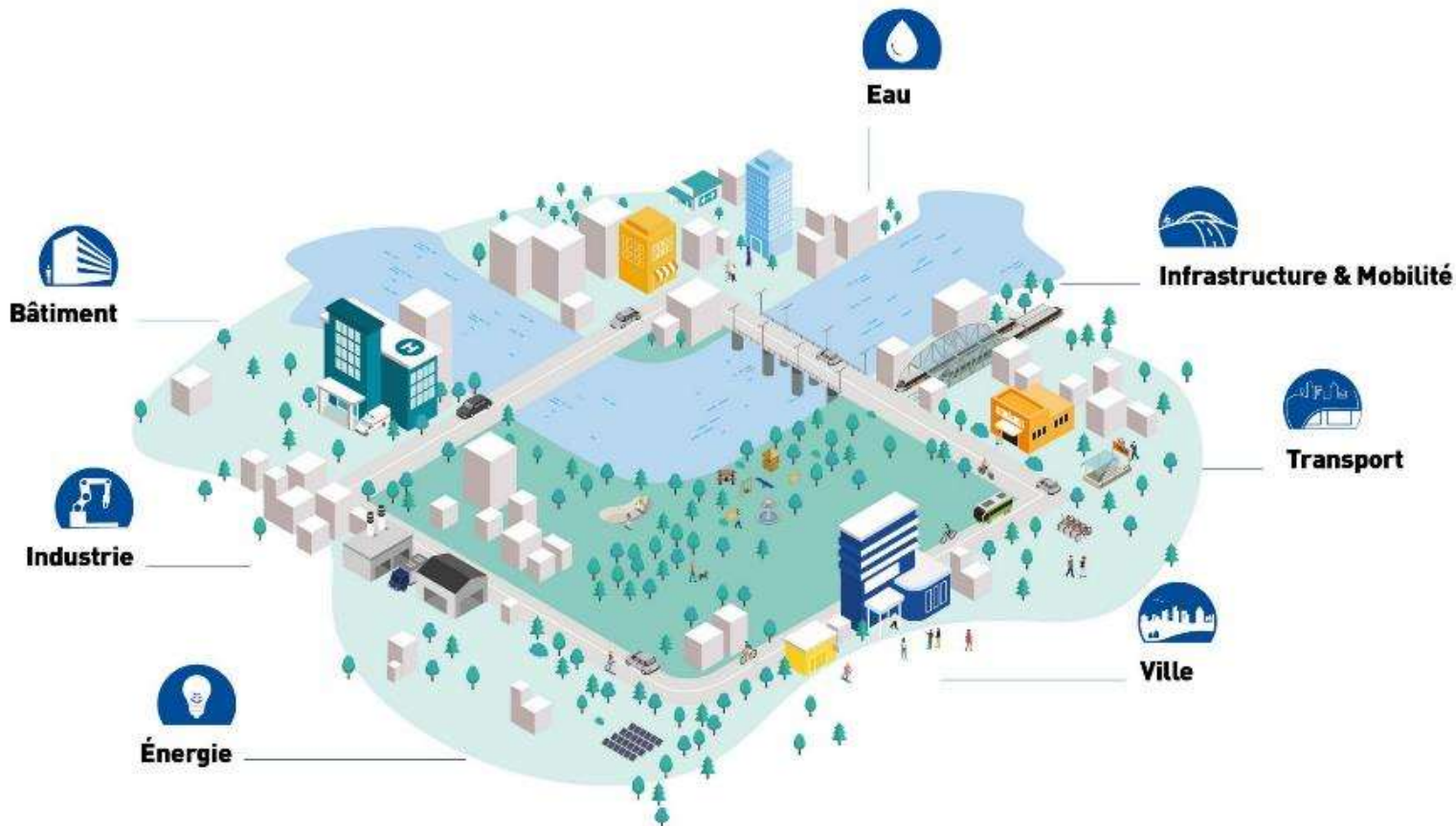
6-L'INTERNATIONAL

Renforcer les collaborations entre les équipes implantées en France et nos filiales internationales. Accompagner nos clients de façon homogène sur tous nos territoires. Développer nos synergies au niveau mondial.

7-L'INNOVATION

Soutenir les travaux de recherche & développement et créer des partenariats avec les laboratoires et les instituts de recherche. Encourager la créativité de nos collaborateurs et accélérer «pour Inventer demain» ensemble.

7 DOMAINES D'ACTIVITÉ



Bâtiment

Concevoir des bâtiments performants et vertueux dans lesquels les personnes pourront apprendre, vivre, travailler, être soignées et où elles se sentiront bien.

Eau

Concevoir des infrastructures hydrauliques et des ouvrages fluviaux. Créer, étendre ou requalifier les espaces portuaires. Encourager le développement maîtrisé des aménagements pour préserver les milieux naturels.

Énergie

Faire face à l'urgence climatique en répondant aux enjeux de la production d'énergie électrique décarbonée et en proposant des solutions vertueuses de stockage, de gestion et de transport de l'énergie.

Industrie

Répondre aux besoins des clients à chaque étape de leurs projets. Innover aux côtés des industriels pour réussir les transitions qui se profilent et répondre aux enjeux de demain.

Infrastructure & Mobilité

Concevoir, mettre en œuvre et requalifier les infrastructures de transports durables. Imaginer des mobilités capables de répondre à des usages en mutation.

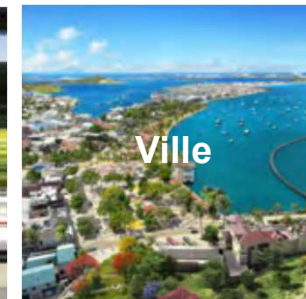
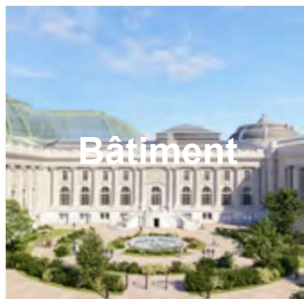
Transport

Permettre à chacun de se déplacer et d'accéder à des modes confortables. Développer les réseaux avec les systèmes les plus modernes. Anticiper les nouveaux besoins de déplacements de masse.

Ville

Réfléchir la ville dans sa complexité, à différentes échelles. Répondre, avec des projets réversibles, aux enjeux actuels et à venir. Augmenter la place de la nature en ville. Aménager les territoires post-carbone de demain.

7 ACTIVITÉS POUR INVENTER DEMAIN ENSEMBLE



NOS MISSIONS

- Assistance à maîtrise d'ouvrage
- Études de faisabilité
- Études préliminaires
- Conseil aux institutions publiques
- Maîtrise d'œuvre
- Ingénierie intégrée
- Études détaillées
- Procédures administratives
- Management de projet
- Achats
- Études environnementales
- Études d'exécution
- Supervision de travaux
- Synthèse des études d'exécution
- Ordonnancement & Pilotage
- Coordination systèmes de sécurité incendie
- Assistance à l'exploitation et à la maintenance
- Réalisation clés en main ou contractant général

NOS CERTIFICATIONS



France

Ingérop, Cicad, Guez Caraïbes, Ingérop Conseil & Ingénierie, Arcora, Geos et Ingérop Engineering sont certifiés selon la norme qualité ISO 9001. Ingérop, Ingérop Conseil & Ingénierie, Arcora, Ingérop Engineering sont certifiés selon les normes environnement ISO 14001 et sécurité 18001



Ingérop Conseil & Ingénierie, Arcora, Cicad, Guez Caraïbes et Geos France sont qualifiés par l'OPQIBI sur plus de 125 types de mission



La région Alpes-Centre-Est



L'agence de Clermont-Ferrand



La filiale Cicad



Geos France est certifiée



International

Ingérop au Québec est certifiée



Ingérop Chili est certifiée



Codema et EDR en Allemagne sont certifiées



Geos en Suisse est certifiée



Ingérop South Africa est certifiée



Rendel au Royaume-Uni est certifiée



AGRÉMENTS ET ACCRÉDITATIONS

Les collaborateurs du groupe Ingérop disposent des accréditations nécessaires pour aider leurs clients à obtenir les labels suivants :





www.ingerop.com

Suivez Ingérop sur :





Candidature : Trophée d'Innovation Solscope R1.0	Dossier de candidature Apports de la modélisation aux éléments finis 3D pour l'optimisation du dimensionnement des ouvrages géotechniques - Cas d'une boîte en parois moulées : Trophée d'Innovation SOLSCOPE / Ingénierie Géotechnique	24/05/2023	ANNEXE B
---	--	------------	----------

ANNEXE B PRÉSENTATION GEOS (15 PAGES)



LA MAÎTRISE DE LA GÉOTECHNIQUE UN ATOUT POUR VOS PROJETS

Présentation

BREF HISTORIQUE



Géos est un bureau d'ingénierie de la construction, dont les équipes françaises sont plus particulièrement spécialisées en Géotechnique.

Quelques dates clés :

- **1976** : création à **Genève**
- **1989** : implantation en **France**
- **2005** : Intégration au groupe **Ingérop**
- **2011** : Création de l'implantation **parisienne**
- **2019** : Création de l'implantation **lyonnaise**

Aujourd'hui, **Géos France** emploie environ 40 personnes sur 2 sites :

- En Région parisienne, à **Rueil-Malmaison**,
- A **Lyon**,

En **2020**, **Géos France** a réalisé un chiffre d'affaires de **4,7 millions d'euros**.

En **2021**, **Géos France** a réalisé un chiffre d'affaires de **5,5 millions d'euros**



4 DOMAINES D'ACTIVITÉS ET DES MISSIONS À TOUS LES STADES D'UN PROJET



Management de projet | Conseil aux institutions publiques | Études de faisabilité | Études préliminaires | Études détaillées | Études d'exécution | Dossier permis de construire | Procédures administratives | Maîtrise d'œuvre | Assistance à maîtrise d'ouvrage | Achats | Supervision des travaux | Assistance à l'exploitation et la maintenance

BÂTIMENT



- ▶ Enseignement & recherche
- ▶ Hôpitaux & établissements de santé
- ▶ Culture, sport & loisirs
- ▶ Immobilier d'entreprise
- ▶ Urbanisme commercial
- ▶ Logement & hébergement
- ▶ Gares et aéroports

EAU & ENVIRONNEMENT



- ▶ Hydraulique fluviale
- ▶ Eaux & infrastructures
- ▶ Eaux urbaines
- ▶ Port & littoral
- ▶ Aménagements hydrauliques
- ▶ Ouvrages fluviaux
- ▶ Environnement
- ▶ Ecologie et biodiversité
- ▶ Canaux - Voies navigables
- ▶ Barrages

ÉNERGIE & INDUSTRIE



- ▶ Opérations en milieu nucléaire
- ▶ Centrales électriques conventionnelles
- ▶ Énergies nouvelles
- ▶ Data centers
- ▶ Pharmacie & biotechnologies
- ▶ Cimenteries
- ▶ Sidérurgie, métallurgie
- ▶ Industrie des matériaux
- ▶ Défense, militaire
- ▶ Industrie manufacturière, automobile
- ▶ Aéronautique
- ▶ Chimie & pétrochimie
- ▶ Usines d'aluminium
- ▶ Vitivinicole

VILLE & MOBILITÉ



- ▶ Routes et autoroutes
- ▶ Voiries et Réseaux
- ▶ Ouvrages d'art et ouvrages souterrains
- ▶ Ville et espaces publics
- ▶ Aménagement des territoires
- ▶ Ferroviaire
- ▶ Transport Urbain

Chiffres clés



GEOS, filiale du groupe INGEROP



NOS ÉQUIPES

Aujourd'hui, l'équipe **Géos** comprend une trentaine d'ingénieurs géotechniciens, issus des grandes écoles françaises (Ponts, Mines, Géol Nancy, INSA...), dont :

- **1 Directeur Général, Expert** de plus de 25 ans d'expérience
- **2 Experts** de plus de 25 ans d'expérience
- **4 Ingénieurs principaux** de plus de 10 ans d'expérience
- **Une dizaine d'ingénieurs confirmés** de 5 à 10 ans d'expérience
- **Une quinzaine d'ingénieurs juniors**



NOS CODES DE CALCULS

GEOS développe et commercialise des logiciels simples et performants pour l'ingénierie géotechnique

- Méthodes de calculs éprouvées
- Formulations adaptées aux Eurocodes
- Assistance technique efficace

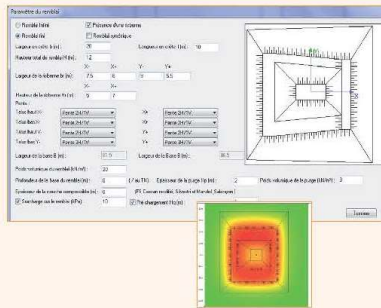
NOS CODES DE CALCULS

➤ GEOFOND



Dimensionnement des fondations superficielles et profondes

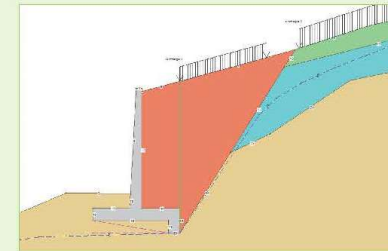
Calcul de tassements sous remblais



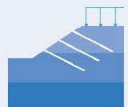
➤ GEOMUR



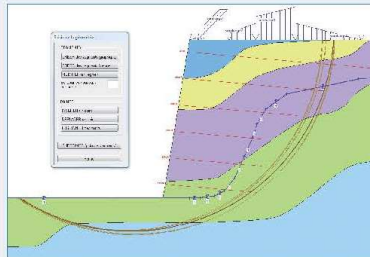
Dimensionnement des murs de soutènement (murs poids ou Cantilever)



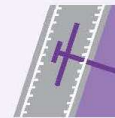
➤ GEOSTAB



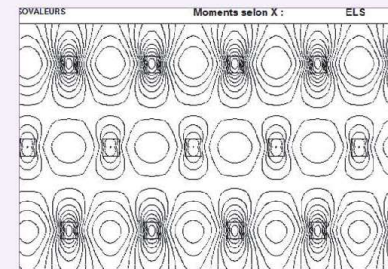
Dimensionnement des pentes et des sols renforcés



➤ GEOSPAR

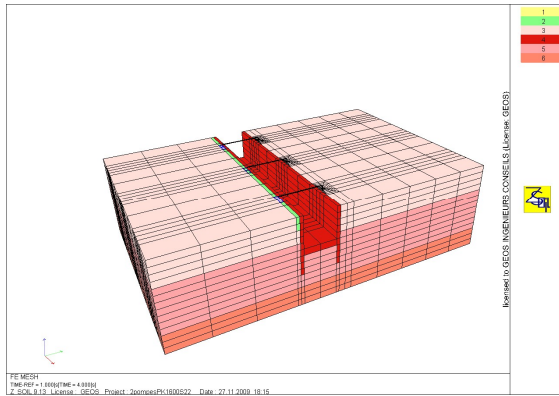


Dimensionnement des parements de parois clouées

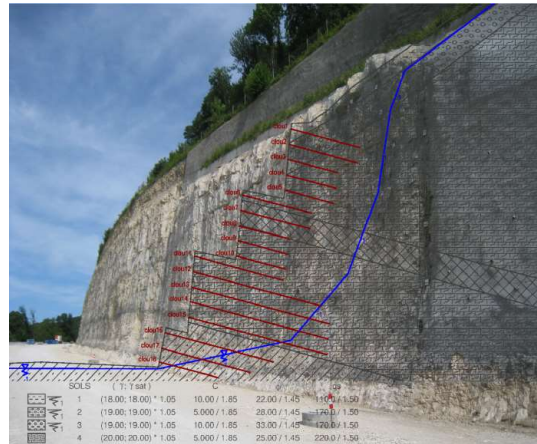


NOS CODES DE CALCULS

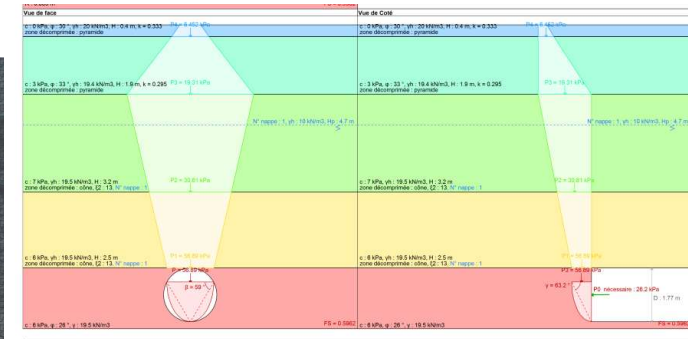
- GEOS dispose également de nombreux autres outils lui permettant de conduire des calculs adaptés à chaque problématique et de produire des livrables de haute qualité.



Z-SOIL

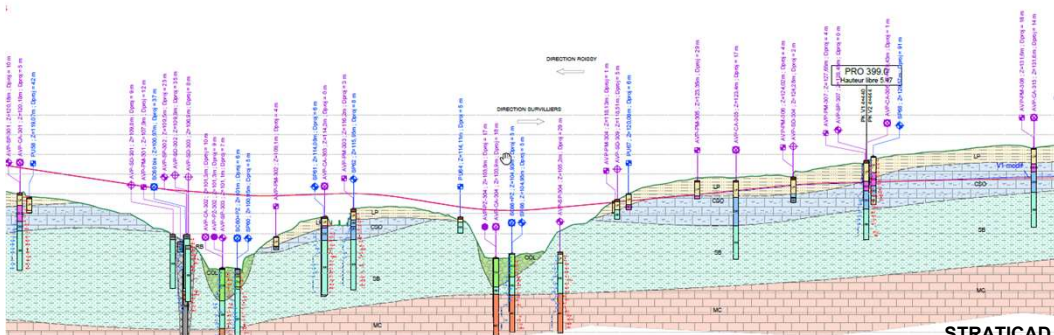
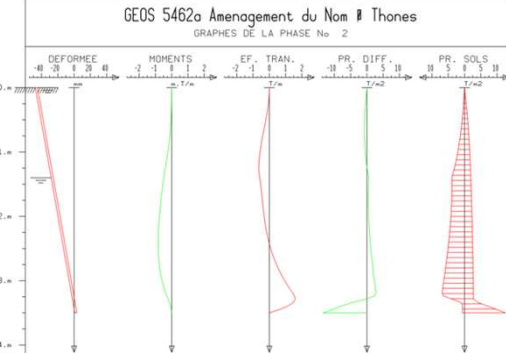


GEOSTAB



GEOTUNNEL

RIDO



STRATACAD

NOS MISSIONS

• GEOS assure de nombreuses missions **d'Assistance aux Maîtres d'Ouvrages**, à tous les stades des projets : phases amont, **contrôle extérieur**, contentieux, expertises, **pilotage** de campagnes d'investigations, **contre-calculs**, coordination, synthèse et vulgarisation, **maîtrise des risques** et aléas...



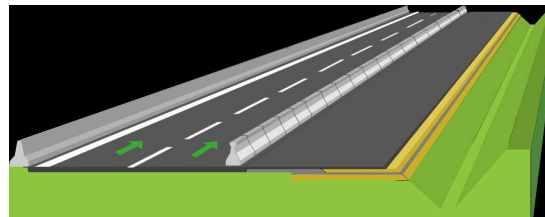
Viaduc de la Folie – LGV SEA



ZAC de la Plaine de l'Ourcq
Crédits : Atelier d'architecture et d'urbanisme Myriam Swarc



A71/RN79
Nœud de Montmarault



• GEOS assure de nombreuses missions de **Maîtrise d'œuvre** (intégrée dans certains cas), à la fois en études et en travaux (phases AVP / PRO / DCE / VISA / DET), le plus souvent en collaboration avec le groupe **INGEROP** : études géotechniques de **projet** (G2), rédaction de DCE de travaux géotechniques, **analyse des offres** et variantes d'entreprise, missions de **VISA**, suivi d'exécution (G4).



Grande jetée de Toulon



QUELQUES UNS DE NOS PROJETS PHARES

INFRASTRUCTURES



A71-RCEA – Echangeur de Montmarault



A9 – Dédoulement de l'autoroute à Montpellier
(Crédits : ASF – Vinci Autoroutes)



Viaduc de l'Austreberthe (A150)



Galerie de sécurité d tunnel de Meudon (RER C)



Déviation de la RN19 à Boissy-Saint-Léger



LGV Bretagne – Pays de la Loire



Second Pont sur le Wouri (Cameroun)

VILLE & TRANSPORT



Aéroport de Zagreb (Crédits : IGH)



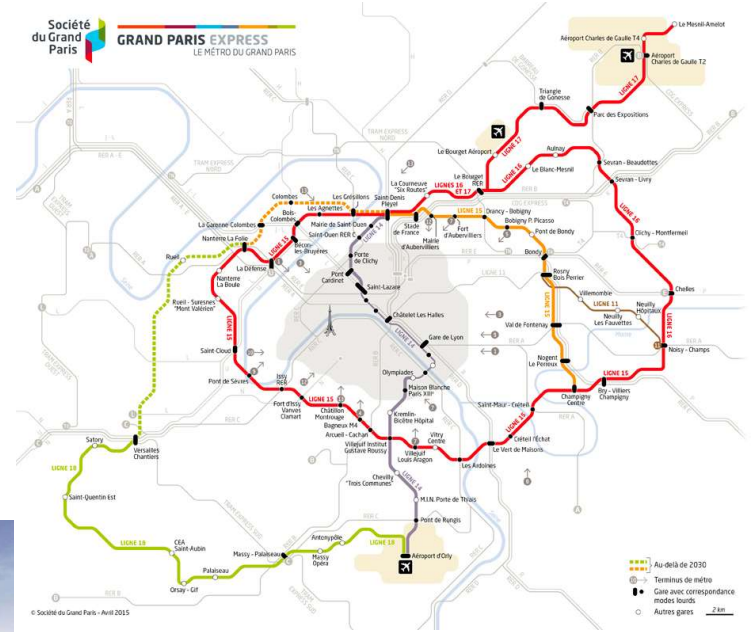
Tramway de Nice (Crédits : Arch. A. Jolivet / M. Dalibard / C. Vezzoni & Associés)



Opération Grand Site Pont d'Arc (Crédits : OGS Combe d'Arc)



ZAC des Docks de Saint Ouen (Crédits : Fresh Architectures)



Maîtrises d'œuvre :

- L15 sud
- L18
- L17
- L15 est

Assistance aux entreprises en phase d'offre :

- L11
- L14 nord et sud
- L15 sud
- L16

Assistances à Maîtrise d'ouvrage :

- Etudes d'impact de la L15 sud
- Etudes préliminaires complémentaires de la L15 est

Etudes et suivis d'exécution pour les entreprises :

- L4
- L11
- L12
- L14 Sud

EAU & ENVIRONNEMENT



Toulon – Quai pyrotechnique
Crédits : Marine Nationale / rpdefense.over-blog.com



Barrage de Mervent



Port de Pointe-Noire (Congo)



STEP de Clichy
Crédits : SIAAP



Port militaire de Brest

ENERGIE & INDUSTRIE



Centrale biomasse du Galion à la Martinique
Crédits : ALBIOMA



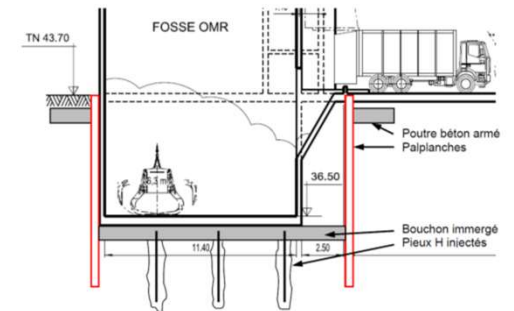
Site de la Hague
Crédits : AREVA



Galerie Boule - RTE

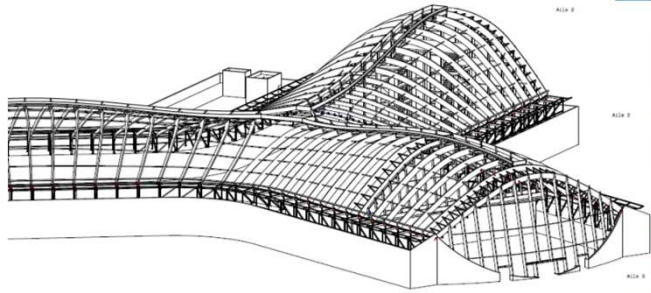


Centrale thermique de Bouchain
Crédits : EDF



Usine de méthanisation – Blanc-Mesnil
Crédits : Demathieu-Bard

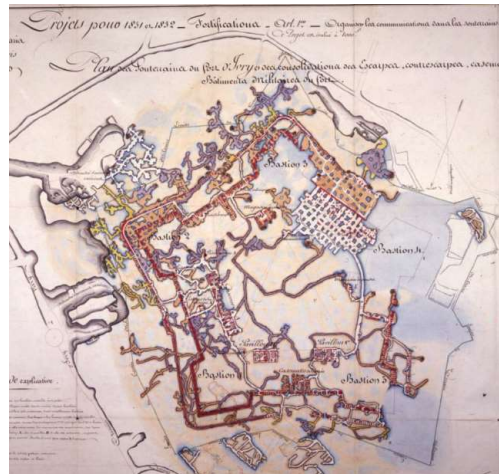
BÂTIMENT



Center Parcs – Vienne
Crédits : BET 3D, Photo DR



CHU de Pointe-à-Pitre (Crédits : Architecture-Studio)



Fort d'Ivry - Diagnostic des souterrains
Crédits : Archives militaires de Vincennes



Pôle d'échanges multimodal de Nantes
Crédits : RICCIOTTI / FORMA 6 / DEMATHIEU BARD

Fort d'Ivry - Diagnostic des souterrains
Crédits : Archives militaires de Vincennes



RUEIL-MALMAISON
+33 (0) 1 49 04 68 10

LYON
+33 (0) 1 49 04 68 10



www.geos.fr
www.ingerop.com
geos.contact@geos.fr
Rejoignez-nous sur LinkedIn

