

Une journée avec l'équipe projet du confortement de S1MA



Annoncé le 2 mars dernier par le ministre de la Défense à l'Assemblée nationale, le lancement de ce chantier de confortement de S1MA résulte d'un long processus de compréhension et d'analyse débuté en 2009. Une subvention de 15 M€ reçue le 9 mars 2016, sera suivie par 5 M€ en 2017.

14 septembre 2016

Photo: Pascal Crozier et l'équipe du projet confortement sur le chantier du sous-sol de S1MA

« Effectuer ces travaux c'est conserver un outil essentiel pour la conception des futurs aéronefs civils et militaires, un outil unique. La soufflerie S1MA est en effet le moyen d'essai indispensable aux industriels du domaine aéronautique et spatial pour leur permettre de conforter leur avance technologique », indique Patrick Wagner.

Le projet se divise ainsi en quatre lots principaux : le renforcement du bâtiment, le confortement des sols, le désamiantage des pavés de bois du hall du bâtiment M1 et enfin des études de génie civil et géotechniques, menées parallèlement au projet.

Organisation opérationnelle du projet

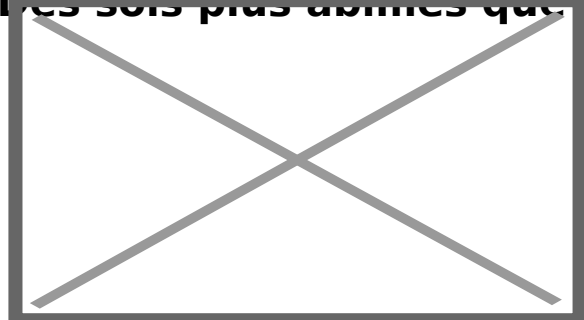
Le chef de projet,
coordonnateur de

l'ensemble des activités est Pascal Crozier, chef de l'unité GS du département DSMA. L'équipe projet

est également constituée de Luc Fontanet (DIAG/SIT), de Gérald Bourdon (DCMA/GCMA), de Dominique Jacon (DSMA/GS) et Nicolas Eloy (DCMA/GCMA). Au-delà de ce groupe, elle implique une vingtaine de personnes des services du centre de Modane et plus généralement de l'ONERA (DA, DIAG, AEF).

« Le chantier de confortement est piloté par une équipe projet ONERA et réalisé avec des entreprises extérieures spécialisées », poursuit Patrick Wagner. Ce chantier est avant tout l'affaire d'une équipe d'hommes de terrain, qui connaissent ce moyen d'essai et son environnement sur le bout des doigts et qui y sont fortement attachés », conclut-il.

Des sols plus abîmés que prévu



Pour

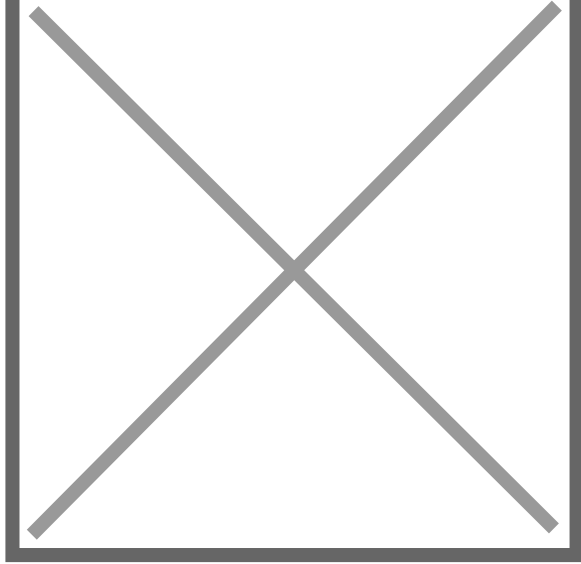
Enfoncements progressifs ou rapides constatés

de la construction à 2015

comprendre l'ampleur des travaux, direction le sous-sol du bâtiment de la soufflerie. « S1MA est bâtie sur un sol partiellement meuble, constitué de gypse » explique Pascal Crozier, lors de la visite de chantier. Entre 25 et 50 mètres de profondeur, des rivières souterraines s'écoulent sur cette roche très friable et la dissolvent. Cela entraîne un écoulement continu des alluvions du terrain des couches supérieures, dans des cavités et donc une perte de compacité importante d'une partie des sols autour des poteaux de soutien de la soufflerie. En mars 2016, les tassements cumulés s'élèvent à 72 mm à l'épicentre. Les forages réalisés en 2015 révèlent un sol plus dégradé que les sondages précédents ne l'annonçaient. Une situation d'autant plus délicate pour S1MA que les travaux de confortement des sols risquent de provoquer des tassements supplémentaires. Pascal Crozier poursuit : « pour y remédier, il faut associer des injections (entre -25 et -50 m de profondeur) d'une très grande quantité de mortier (massif d'appui) par l'intermédiaire de 300 forages, et installer 230 colonnes de soutien de 25 m de haut et de 1,20 m de diamètre pour transférer les charges du bâtiment en profondeur ».

Des travaux en plusieurs étapes

Une première tâche consistera à réaliser un radier (plateforme en béton armé) d'avril à septembre 2016 puis à réaliser les travaux d'injections des sols et d'installation des colonnes de septembre 2016 à mars 2019.

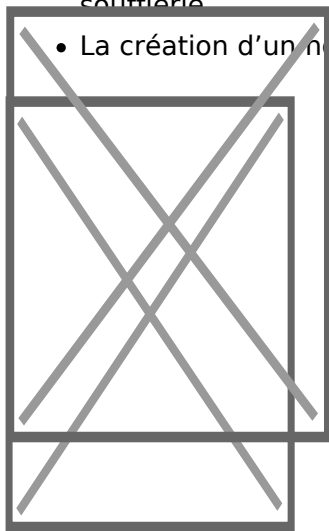


Zone principale d'affaissement entourée en rouge.

La zone verte correspond à la réalisation du « radier »,
(dalle en béton) avec 5 zones successives de travaux

D'autres renforcements de bâtiment interviendront pendant et après les confortements de sols. Des travaux préliminaires à la réalisation du radier ont été entrepris en amont, parmi lesquels :

- La réalisation de 140 m de cloisons étanches couvrant la périphérie du chantier au sous-sol du hall de M1
- La destruction partielle du sous-sol, et la détermination de la position des ferraillages existants grâce à une technologie radar, un repérage crucial pour ne pas affaiblir le bâtiment lors des futurs forages
- Le dévoiement des réseaux (électricité, eau, air, chauffage), présents dans le sous-sol, pour limiter les interférences avec les futurs forages
- La mise en place d'un nouveau groupe froid pour la climatisation de la chaîne de mesures de la soufflerie
- La création d'un nouveau local pour accueillir les différents onduleurs présents dans les locaux



localisation de la fissure

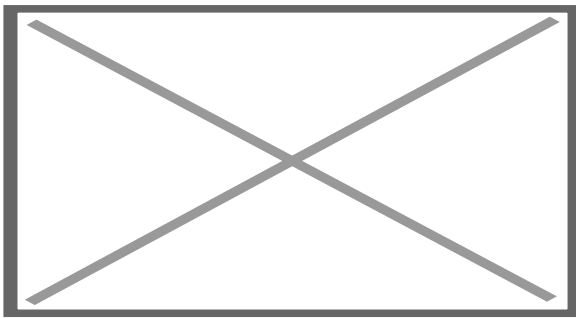
Convergent de S1MA :

Des travaux importants ont été également menés par les équipes de Modane, comme la libération des contacts entre le convergent de la soufflerie et le bâtiment et la rehausse de 20 mm du convergent.

De nombreux chantiers coexistent : décaissage de terrain pour faciliter le passage des camions dans la zone ; création d'une base vie pour les entreprises extérieures ; création d'un local de chauffe des bétons pour continuer à les injecter dans le sous-sol même en hiver.

Un appel d'offre mené en équipe

Parallèlement, les marchés conclus avec Spie Fondation (confortement des sols), Moulin TP (réalisation du radier) et Benedetti (retrait des pavés de bois du sol du bâtiment M1) ont été signés. Après deux ans de campagnes de mesures géotechniques pour analyse du sol et deux ans de dialogue compétitif, quatre entreprises ont concouru pour apporter la meilleure solution technique. « Pour poser un diagnostic sur cet affaissement, des études géotechniques se sont déroulées de 2009 à 2011 », précise Pascal Crozier. Puis des forages ont eu lieu entre 2011 et 2013 pour comprendre la nature du sol et localiser précisément ce phénomène. L'identification de la solution appropriée s'est faite lors du dialogue compétitif qui a duré deux ans. Pour ce type d'appel d'offre, toutes les données techniques sont transmises à différentes sociétés qui doivent les étudier et élaborer une solution. Les quatre entreprises en lice ont eu deux ans pour poser le diagnostic et présenter une solution.



Les acteurs du chantier : egis, SGI, Moulin TP

Pascal
Crozier
ajoute «
Luc

sont les prestataires directs l'ONERA.
Terrasol est le sous-traitant de Spie batignolles

Fontanet a été particulièrement sollicité lors du dialogue compétitif et pour le choix des prestataires Spie Fondation et Moulin TP. Principal rédacteur du cahier des charges, il a travaillé en étroite coopération avec le CMA et a été épaulé par DIAG et DA, pour la partie juridique. Toute l'équipe a participé aux jurys techniques à part égale : Gérald Bourdon, est responsable des travaux de désamiantage du hall de M1. Dominique Jacot est responsable du suivi altimétrique du bâtiment et de tous les travaux relatifs au recalage définitif du convergent et des charriots d'essai. Nicolas Eloy intervient en transverse tout au long du projet sur la sécurité. Nous formons une vraie équipe », relate Pascal Crozier. « Un des compétiteurs, s'est retiré en cours de processus, et deux des trois entreprises restantes, ont proposé les mêmes diagnostic et solutions ». Après le choix final, un plot d'essai a été réalisé sur une petite surface dans la zone de l'épicentre du phénomène, avec application des techniques proposées, de juin à septembre 2015.

Poursuivre une activité contractuelle

« Durant ce chantier, nous continuerons à réaliser des essais contractuels dans S1MA, avec la même exigence en termes de qualité et de délais, alors que nous améliorons la tenue structurale du bâtiment », explique Pascal Crozier. Le processus doit être efficace, mais transparent pour le client.

C'est un vrai défi pour toutes les composantes du projet confortement, ainsi que pour les équipes qui réalisent les essais aérodynamiques.

Dans ce contexte, séquencer les travaux est une tâche très délicate. L'équipe projet a longuement réfléchi à l'ordre d'intervention des prestataires. Elle se réunit hebdomadairement et fait le point avec Moulin TP et Spie Fondation. « Nous échangeons sur le déroulement des travaux de la semaine, nous faisons le bilan des actions puis définissons celles qui sont correctives. Un rapport régulier est fait à DGMT et à DIAG, ainsi qu'un recensement hebdomadaire de tous les incidents », indique Pascal Crozier. Le suivi du chantier est très détaillé et très précis : il prend également en compte les besoins nouveaux apparaissant, qui génèrent éventuellement des coûts supplémentaires. Un suivi financier est réalisé très régulièrement avec Emmanuelle Géry, adjointe de gestion du département souffleries de Modane (DSMA).

« Cela fait beaucoup de paramètres à gérer ! Et c'est là que la notion d'équipe est primordiale. Nous avons créé une équipe solidaire, totalement impliquée et qui mène ce projet en plus de sa charge de travail normale. Chose très importante, l'équipe projet s'organise pour ne jamais retarder le projet en l'absence d'un de ses membres, y compris en période de congés. Il n'y a pas de rupture de suivi des travaux, ni du réseau d'alerte. Nous sommes joignables la nuit, en vacances... Là encore un planning d'absence sur des périodes courtes très précis est élaboré », termine Pascal Crozier.

La direction du centre, en tant que maître d'ouvrage, ne peut qu'approuver ce fonctionnement fluide et constructif : « C'est un projet très compliqué à gérer, mené avec une excellente coordination: il faut en effectuer le suivi, veiller à la sécurité des personnels et des installations », constate Marième Albertini. L'équipe s'appuie sur les compétences internes. Les rôles et les étapes sont clairement définis. C'est aussi une chance d'être sur un site où la sécurité des installations et des personnes est véritablement ancrée dans les mœurs avec un responsable local de sécurité reconnu, attentif à ce qu'il n'y ait pas de point bloquant dans l'avancement du projet à cet égard.

Et Marième Albertini de conclure : « l'équipe projet est très professionnelle, compétente, dévouée, motivée, disponible. Il existe une cohésion très forte à l'intérieur de ce groupe qui est une vraie force. C'est un réel défi de mener un chantier aussi complexe, à forts enjeux, sur une période aussi longue. Il faut faire en sorte que tout continue à fonctionner : gérer le chantier en toute sécurité, dans le respect de la réglementation tout en continuant une activité contractuelle ».

Paroles d'expert

Etudes de génie civil et géotechniques, le fil rouge du projet

Luc Fontanet, Ingénieur Travaux à DIAG
Après avoir travaillé au dialogue compétitif (traduction du besoin, conception du projet, conduite de la consultation avec DA) avec mes collègues, je suis l'interface entre l'ONERA et les entreprises de génie civil. Outre les Spie Fondation, et Moulin TP, nous sommes assistés par deux entreprises extérieures :

- la société EGIS, présente depuis la phase de diagnostic en matière de génie civil et d'études géotechniques

- le bureau d'études béton armé SGI, qui a procédé à la modélisation 3D du bâtiment, aux études du ferrailage à installer dans le radier, ainsi qu'au suivi de l'évolution des fissures. C'est une opération encore peu courante dans ce domaine, qui se réalise seulement sur les ouvrages importants de génie civil ou patrimoniaux, avec des techniques encore en cours de développement

Ces activités constituent un vrai fil rouge tout au long du projet : ces sociétés nous apportent conseil et renfort des connaissances dans ce domaine particulier et sont cautions du bon déroulement des opérations et en cas d'opération corrective à mener.

Le grand atout de ce projet, c'est le fonctionnement de l'équipe de pilotage, qui communique en permanence, est souple et constructive. Au-delà, tous les acteurs éprouvent une vraie fierté à travailler sur ce projet hors normes et sont orientés à la réussite du projet. Les entreprises extérieures sont également très impliquées.

Dévolement des réseaux d'énergie, de fluides et désamiantage

Gérald Bourdon, Responsable du service Travaux de DCMA
Gérald Bourdon, Responsable du service Travaux de DCMA

Je suis l'interface entre la direction du centre de Modane qui est le maître d'ouvrage de ce projet et la maîtrise d'œuvre, assurée par DSMA. J'effectue, aussi souvent que possible, un suivi général des travaux et de la sécurité en coopération étroite avec Nicolas Eloy, qu'il s'agisse des travaux préliminaires à la réalisation du radier et aux opérations de confortement et de comblement, ou le projet lui-même. Le CMA a effectué des travaux en amont pour dévier les différents réseaux d'énergie ou de fluides du sous-sol du bâtiment M1, en fonction des forages prévus : le service Travaux s'est chargé des réseaux de chauffage, DSMA/GTM a géré les problématiques liées aux différents réseaux d'eau (potable, industrielle, incendie) et d'air. DSMA/GTE s'est chargé des réseaux électriques et DSMA/G2IM des réseaux informatiques.

Nous sommes, Nicolas Eloy et moi, plus particulièrement responsables des travaux de désamiantage des pavés bois du bâtiment de la soufflerie. Ces pavés recouvraient partiellement le sol du rez-de-chaussée d'où les forages doivent être effectués.

Les poussières d'amiante présentes sous les pavés nécessitaient qu'une entreprise spécialisée se charge des travaux de dépoussiérage/désamiantage. Pour cela, l'entreprise retenue a mis en place un confinement étanche d'un seul tenant qui recouvrait la totalité de la surface à traiter, soit environ 1100 m² et qui a été maintenu en dépression par des extracteurs pendant toute la durée des travaux. Il a ensuite été procédé à la dépose des pavés qui ont été conditionnés dans des doubles emballages étanches puis, dans un premier temps, sortis du confinement par un sas spécifique et stockés en extérieur. Les 88 m³ de pavés pollués ont ensuite été transportés par camion vers un centre d'enfouissement agréé. Les surfaces à l'intérieur du confinement, libérées de leurs pavés, ont également fait l'objet d'un dépoussiérage soigneux avec des aspirateurs spécifiques.

Après ces travaux, pour vérifier la bonne qualité du travail effectué alors que le confinement était encore en place, un examen visuel a été réalisé par une entreprise agréée et commandée par la direction du centre (DCMA). Le résultat positif de ce contrôle a permis à l'entreprise intervenante de lancer les analyses de première restitution suivies après déconfinement des analyses de seconde

restitution, commandées à un second laboratoire indépendant. Le hall de M1 a pu être rouvert au personnel de la soufflerie dès le 8 août comme cela était prévu initialement.

Un nouveau revêtement de sol, en remplacement des pavés retirés, est à l'étude et sera mis en place dès que possible.

Mesures... sur-mesure

Dominique Jacon, responsable des installations de S1MA
Les bâtisseurs de la soufflerie ont réalisé des mesures d'enfoncement de terrain entre 1953 et 1958. Elles ont été reprises en 1997, à l'occasion du projet de tunnel souterrain Lyon-Turin et un système de mesure a été mis en place. Ces mesures ont mis en évidence un affaissement important par rapport à l'état initial, dans la zone du convergent de la soufflerie auquel sont connectés les charriots d'essais de 600 tonnes, avec un épicycle placé sous le convergent. A partir des années 2000, la surveillance s'est accentuée, surtout depuis 2007, époque où nous avons commencé à avoir des problèmes d'exploitation, notamment pour la jonction et le verrouillage des charriots au convergent. Les premières mesures altimétriques, réalisées de façon autonome par les personnels de DSMA/GSS1, datent de 2009 et des mesures comparatives sont faites par un géomètre tous les six mois. En 2010, nous avons procédé à un premier recalage en altitude du convergent et des rails de guidage des chariots d'essai. Début 2016, des découpes ont été réalisées, par les personnels de la soufflerie, sur des structures pour ménager un jeu plus important entre le bâtiment et le circuit aérodynamique. A la fin des travaux, un recalage définitif sera effectué.

Pour surveiller l'évolution de l'affaissement, l'équipe projet, en lien avec le service contrôle de Modane, a mis en place un réseau interne de surveillance des enfoncements et de tenue du bâtiment en 2014. Toutes les 10 minutes, la largeur des fissures et des contraintes dans les structures porteuses du bâtiment sont mesurées, grâce à un réseau de jauges de contraintes et de capteurs de déplacement. L'équipe projet est alertée à distance du dépassement des seuils d'alerte via un dispositif informatisé approvisionné par DSMA/G2IM. En cas d'alerte nocturne, les agents de sécurité du centre reçoivent l'alerte et la répercutent aux personnes d'astreinte. Leur réactivité est immédiate.

Ce réseau est complété par des relevés théodolite de plus de 120 cibles réparties dans tout le bâtiment et sur les poteaux de tenue du circuit aérodynamique. Ces mesures indiquent l'altitude de chaque point par rapport à une référence fixe. Elles sont effectuées hebdomadairement voire quotidiennement durant le chantier, ou en cas d'alerte. Cette surveillance sera poursuivie bien après les travaux, dans les 20 ans à venir.

Fait à noter, l'équipe en charge d'exploiter la soufflerie S1MA a dû adapter depuis quelques années ses méthodes de travail pour faire face aux dysfonctionnements qui apparaissent lors de chaque période d'affaissement. Des opérations courantes, comme le verrouillage d'un chariot, deviennent parfois de vrais casse-têtes, et la vigilance des opérateurs doit redoubler à chaque phase, sous l'œil bien compréhensif des équipes d'expérimentation dont les plannings d'essai subissent parfois quelques légers décalages.

La culture de la sécurité

Nicolas Eloy, Responsable Local Sécurité Environnement du CMA
Nicolas Eloy, Responsable
Local Sécurité Environnement du CMA

Sur tous les lots du projet, j'assure une fonction d'assistance, d'expertise et d'aide à la décision pour tous les aspects sécurité et environnement du confortement. De nombreuses opérations ont été menées en amont des chantiers, par le personnel ONERA, pour mettre le bâtiment M1 en « configuration travaux ». Ces interventions inhabituelles ont nécessité des analyses de risques et la définition et mise en œuvre des moyens de prévention et de protection adaptés pour assurer la sécurité des intervenants et le respect de nos obligations réglementaires. L'efficacité de ce travail repose avant tout sur l'implication de l'équipe projet, des connaissances et compétences de chacun de ses membres.

Avant le début de toute intervention d'une entreprise extérieure, il est nécessaire et obligatoire, d'identifier les situations de co-activité possibles et les risques qu'elles génèrent. Compte-tenu du maintien de l'exploitation de la soufflerie pendant les travaux de confortement, ces situations sont nombreuses. Là encore, la participation de l'ensemble de l'équipe projet et de l'encadrement des entreprises extérieures est indispensable pour établir des Plans de Prévention exhaustifs et adaptés.

En matière de sécurité, le suivi réalisé sur le terrain est primordial pour identifier et prévenir les dérives, ou apporter des ajustements réguliers. Depuis janvier, nous n'avons eu qu'à déplorer un accident de faible gravité et un incident de levage. Cette vigilance est vraiment l'affaire de tous et de tous les instants. Nous menons avec les entreprises extérieures des réunions de chantier hebdomadaires, ce qui nous permet d'évaluer régulièrement leur sensibilité à la sécurité et nous permet d'ajuster notre action sur le terrain.

Autre point positif important : c'est le personnel de S1MA qui a évoqué le risque potentiel d'une pollution historique à l'amiante sous les pavés bois du sol de M1. Cette inquiétude a été relayée et prise en compte par le service sécurité. Le groupe projet a ensuite impliqué le personnel de M1 et beaucoup communiqué sur la gestion de cette problématique. Ceci a permis de traiter le sujet avec efficacité et sérénité.

Cet article a été réalisé en collaboration avec

Marième Albertini, directeur du centre de Modane-Avrieux
Gérald Bourdon, responsable du service Travaux de DCMA
Pascal Crozier, chef de l'unité GS du département DSMA
Nicolas Eloy, responsable local Sécurité Environnement du CMA
Luc Fontanet, ingénieur travaux à DIAG
Dominique Jacon, responsable des installations de S1MA
Patrick Wagner, directeur de GMT