



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

DIAGNOSTIC DES POTEAUX SUD DU BATIMENT N SUR LE CENTRE ONERA DE PALAISEAU (91120)

	Rédacteur	Vérificateurs		Approbateur
Fonction Nom	Ing Travaux L.Fontanet	S Benacer	S.Fiot	
Visa		Version pour diffusion à DA vue le 11/04/23	Version pour diffusion à DA vue le 11/04/23	

//GEN-F102-6 (GEN-SCI-017)

HISTORIQUE

Version Révision	Date de mise en application	Cause et/ou nature de l'évolution
1.0	13/03/23	Création
2.0	11/04/23	Version pour diffusion à DA
3.0	22/05/24	Mises à jour suivant observations S.Fiot
4.0	06/11/24	Version pour DCE

SOMMAIRE

A. OBJET ET CONTEXTE	4
B. PRESENTATION GENERALE DU BATIMENT	4
C. ETAT DES LIEUX	7
C.1 LES MOUVEMENTS DE L'OUVRAGE.....	7
C.2 SUIVI ALTIMETRIQUE	8
C.3 OUVERTURES DES JOINTS DE DILATATION.....	10
C.4 DONNEES FOURNIES PAR L'INSTRUMENTATION	11
C.5 LES POTEAUX CIRCULAIRES SUD.	11
D. DIVERS	19
D.1 INTERVENANTS.....	19
D.2 ECHANGES DE DOCUMENTS	19
D.3 CONTRAINTES D'ACCES ET D'INTERVENTION	19
E. UNITES D'ŒUVRE	20
E.1 PRISE DE CONNAISSANCE DU DOSSIER ET NOTE STRATEGIQUE	20
E.2 ESSAIS DIVERS.....	20
E.3 RAPPORT D'ESSAI	23
E.4 RAPPORT DE SYNTHESE FINAL DES ESSAIS	23
E.5 CALCULS STRUCTURELS	23
E.6 RAPPORT DE RECOMMANDATIONS SUR LES REPARATIONS ET LE SUIVI DES POTEAUX	25
E.7 RAPPORT FINAL DE DIAGNOSTIC.....	25

A. Objet et contexte

Les poteaux circulaires de la façade Sud du bâtiment N du centre de Palaiseau présentent des désordres qui se sont révélés en août 2022. Des fissures sont apparues. Ces fissures ont des origines diverses :

- Un film plastique faisant certainement partie des coffrages utilisés s'est déplacé lors du bétonnage. Le plastique s'est trouvé parfois à l'intérieur du béton à une profondeur de 2 à 6 cm environ. Lors du chantier une partie (seulement) du plastique a été retirée et remplacée par un mortier de réparation. Dix ans plus tard, le béton se trouvant à l'extérieur du plastique non déposé se décroche. Le mortier de réparation arrive localement en fin de vie et se décolle également.
- Des sondages ont révélé des enrobages non satisfaisants.
- Des microfissures sont devenues visibles également sans que du plastique ou du mortier de réparation n'aient été détectés.
- Le bâtiment connaît des mouvements. Une expertise judiciaire est en cours.

L'objet du présent CCTP est de réaliser un Diagnostic des poteaux sud du bâtiment N comprenant les éléments de mission suivants :

- Des essais de caractérisation du béton armé des poteaux,
- Des calculs de vérifications de structure,
- Des recommandations sur les réparations et le suivi des poteaux,
- Un rapport final de diagnostic.

Les termes suivants sont utilisés dans le présent document :

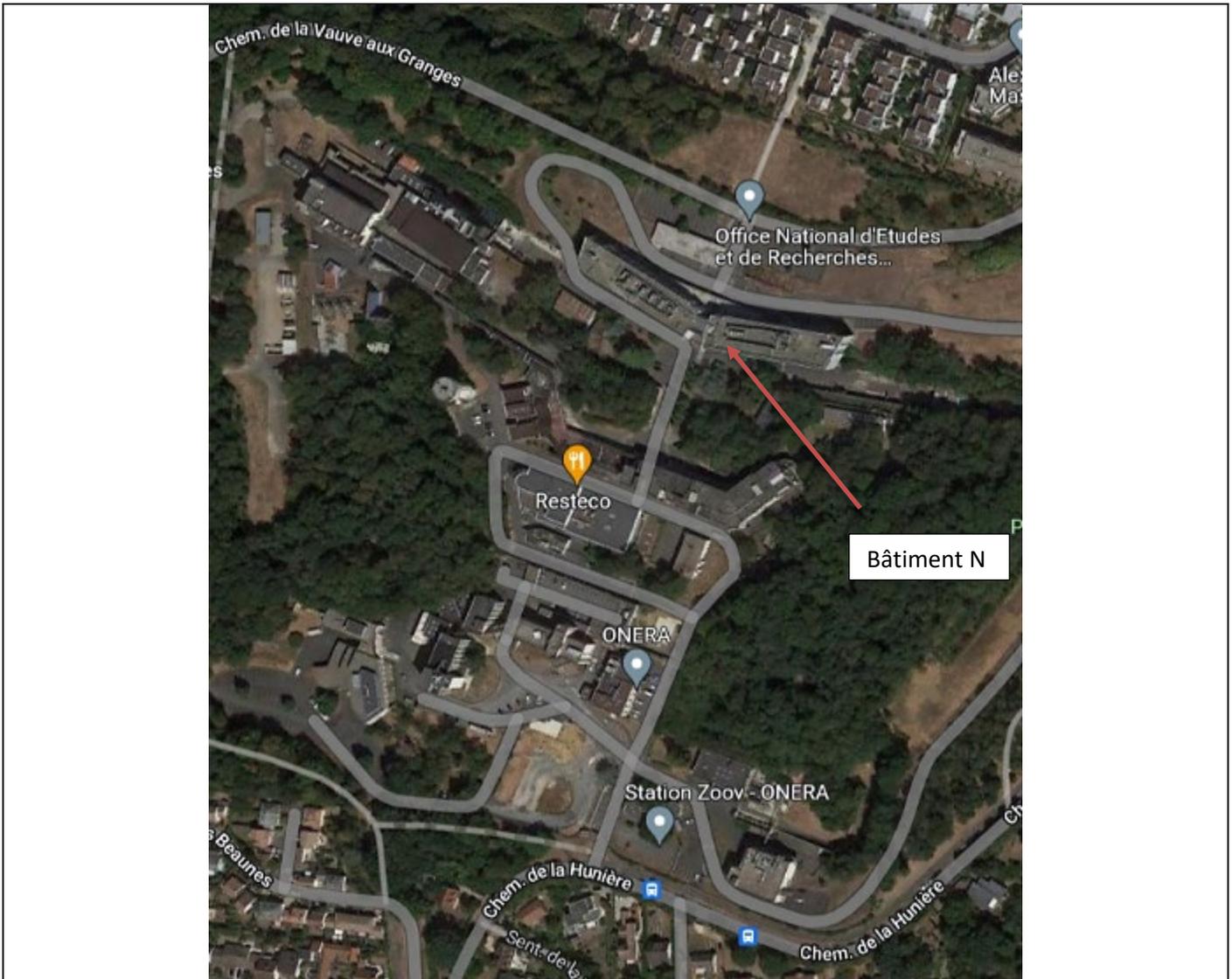
- « Titulaire » pour désigner le titulaire du présent accord cadre,
- « CCTP » pour désigner le présent document,
- « MOA » : pour désigner le maître d'ouvrage donc l'ONERA,
- « MOE » pour désigner le maître d'œuvre.

Les annexes au présent CCTP sont les suivantes :

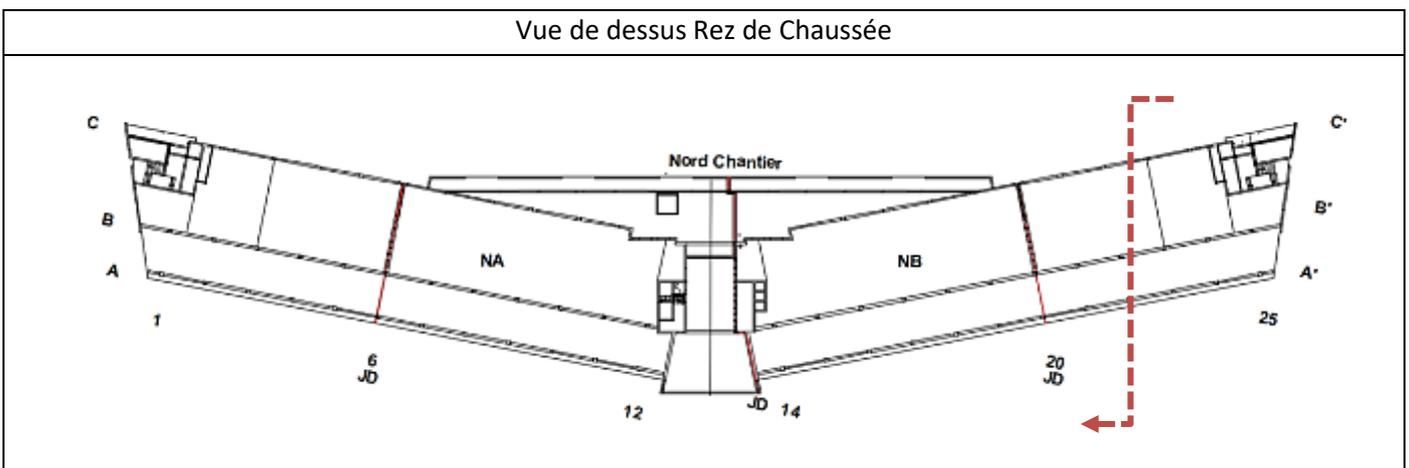
- A1 « Note calcul bâtiment-241104 » : note de calcul du bâtiment lors de sa construction
- A2 « Charges applicables-241104 » : charges définies contractuellement lors de la construction du bâtiment.
- A3 « Plans DOE » : plans au format DWG du dossier des ouvrages exécutés.
- A4 « Largeurs joints-241104 » : largeur des joints de dilatation.
- A5-Examen des données de capteurs de suivi »

B. Présentation générale du bâtiment

Le bâtiment N se trouve dans le centre ONERA de Palaiseau (8 chemin de la Vauve aux granges). Actuellement c'est un bâtiment à usage de bureaux sans que l'ONERA ne s'interdise de changer la destination de toute ou partie de ses bâtiments dans le temps. Le bâtiment a été réceptionné en 2010.



Le bâtiment est constitué de 3 niveaux de parking partiellement enterrés, un RdC et 3 étages. Il est constitué de 2 ailes dénommées NA et NB et un hall central.



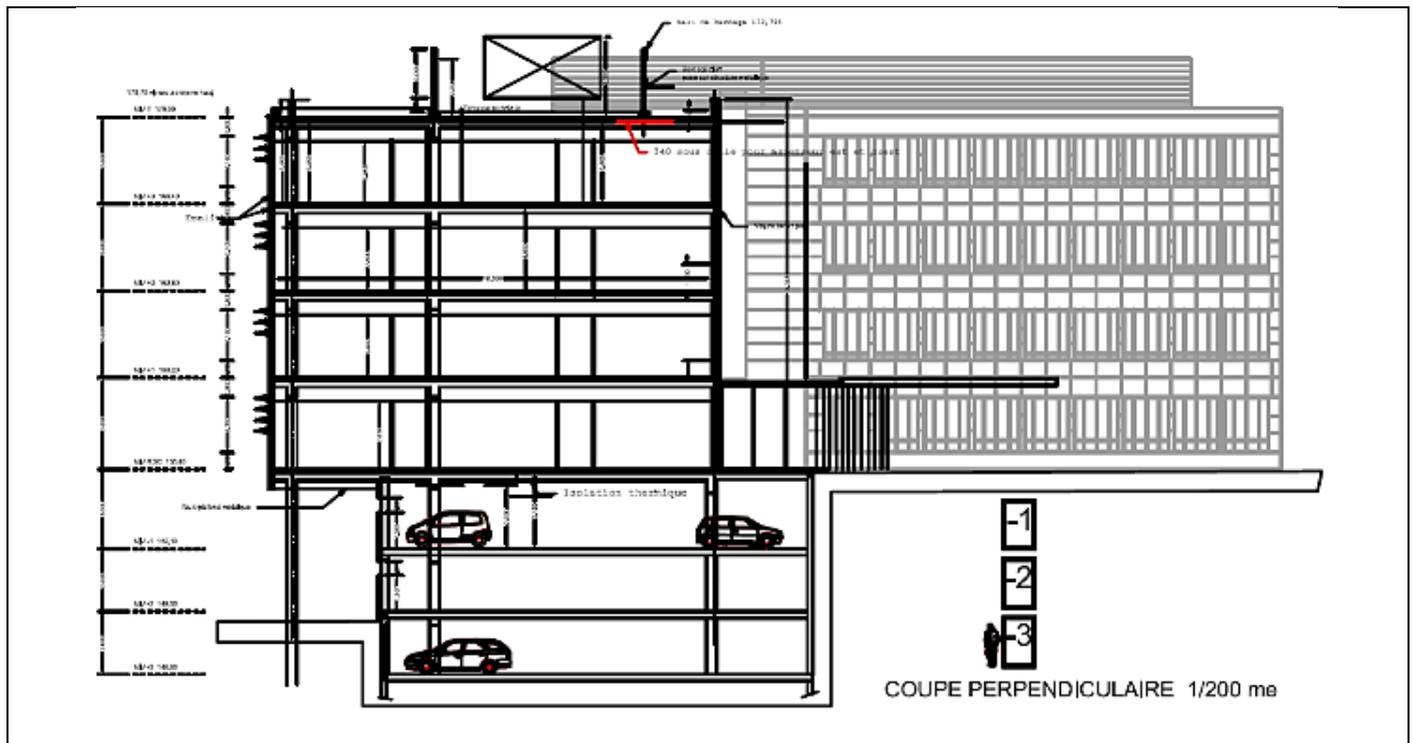
La longueur de chaque aile est d'environ 65m. La largeur du hall est d'environ 12 m. La largeur du bâtiment est d'environ 18 m.

La hauteur totale du bâtiment est de 23 m environ. Les parkings R-3 et R-2 ont une hauteur de 2.8 m, le R-1 une hauteur de 2.80 m. Le RdC et les 3 étages ont une hauteur de 3.60 m.

La structure est constituée principalement de poteaux et poutres en béton armé. Entre les axes A et B des prédalles ont été utilisées et entre les axes B et C des dalles alvéolaires ont été mises en œuvre. Des joints de dilatation se trouvent au niveau des files 6, 14 et 20. Au niveau des JD un côté de la structure est goujonné. En lieu et place de deux poteaux, seul un poteau est présent, l'autre partie de la structure est goujonnée sur le poteau. Les poutres des files 5-6, 20-21 sont goujonnées. Au niveau du hall central la partie centrale est goujonnée sur la partie Est).

La façade Nord est habillée de parement en béton reconstitué (avec poutres linteaux et allèges en béton) et la façade Sud est habillée d'une façade métallique (avec poteaux et poutres béton).

En coupe, une spécificité est que les niveaux de parking sont remblayés au Nord et seul le niveau -3 est remblayé au Sud.



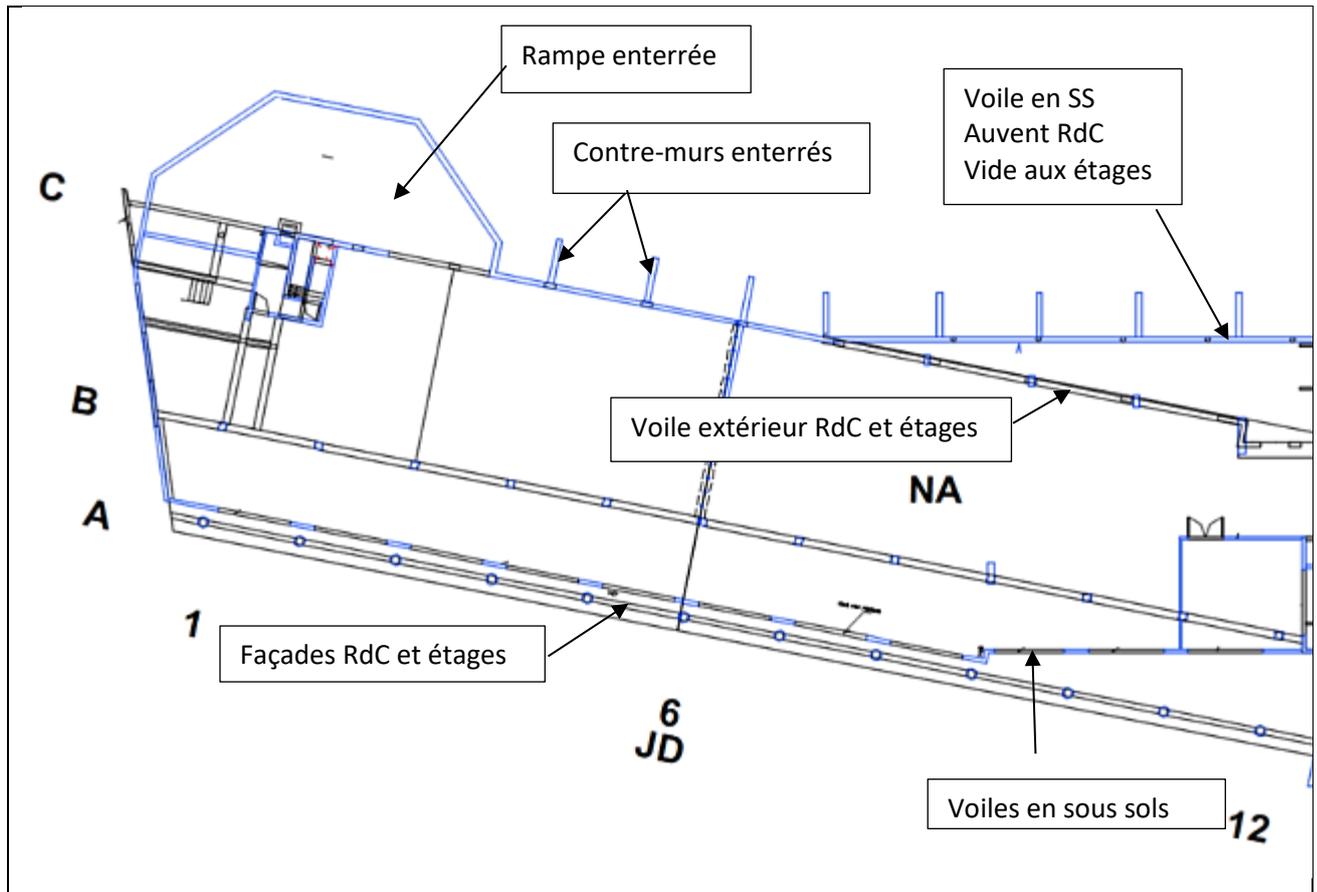
Il faut noter que la structure présente diverses particularités.

Au Nord :

- La rampe Ouest de parking est totalement enterrée.
- Des contre-murs enterrés reprennent la poussée des terres.
- Une zone parking se trouve sous l'auvent d'entrée Nord.

Au Sud :

- **Les dalles hautes des niveaux -3 et -2 sont supportés par des voiles. La dalle haute du R-1 et des étages supérieurs est supportée par les poteaux circulaires présentant les désordres.**



C. Etat des lieux

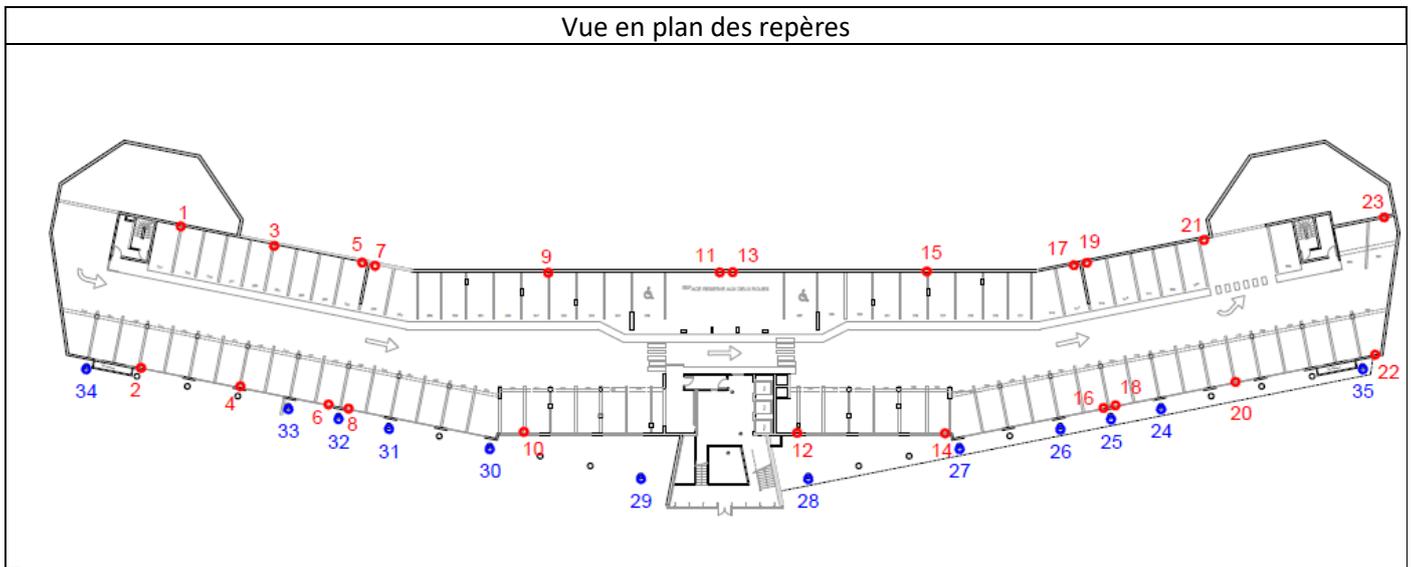
c.1 Les mouvements de l'ouvrage

Rapidement après la réception il a été constaté des ouvertures des joints de dilatation. D'autres problèmes se sont également manifestés : fissurations de carrelage, problèmes de fermetures de portes.... Des fissures sont également présentes dans le bâtiment.

En 2017 un brise soleil de la façade Sud s'est décroché (les brise soleil étaient également goujonnés avec une longueur de goujons de 50 mm). L'ONERA a fait un appel en garantie décennale dont la procédure est toujours en cours à la date de rédaction du présent document. Les causes possibles des mouvements n'ont pas été inventoriées et les pistes évoquées n'ont pas été prouvées dans la durée. A ce jour seule une pose de consoles au droit des joints de dilatation ayant une largeur de plus de 30 mm a été approfondie. Le rôle de ces consoles est de palier à une rupture des goujons suite à un mouvement dans l'axe longitudinal des ailes du bâtiment. Les largeurs des joints de dilatation sont exposées en **Annexe A4 « Largeur joints-241104 »**.

c.2 Suivi altimétrique

Un suivi altimétrique bi annuel a été mis en œuvre au R-2 depuis 2019. Les relevés effectués en date de rédaction du document sont les suivants (tableau en date du 27/09/2024) :



Dossier P18538 - ONERA Bâtiment N 2ème sous-sol – Auscultation--

N° des repères	Etat 0 15/01/2019 Altitude	Etat 2 18/10/2021 Altitude	Ecart en mm	Etat 3 18/02/2022 Altitude	Ecart en mm	Etat 4 01/09/2022 Altitude	Ecart en mm	Etat 5 29/03/2023 Altitude	Ecart en mm	Etat 6 27/09/2024 Altitude	Ecart en mm
1	149.529	149.528	-1	149.529	0	149.529	0	149.529	0	149.529	0
2	149.524	149.524	0	149.524	0	149.524	0	149.523	-1	149.524	0
3	149.513	149.513	0	149.512	-1	149.507	-6	149.512	-1	149.512	-1
4	149.503	149.503	0	149.503	0	149.503	0	149.502	-1	149.503	0
5	149.561	149.561	0	149.562	1	149.562	1	149.561	0	149.561	0
6	149.515	149.515	0	149.515	0	149.515	0	149.514	-1	149.515	0
7	149.579	149.579	0	149.578	-1	149.578	-1	149.578	-1	149.578	-1
8	149.548	149.548	0	149.547	-1	149.548	0	149.547	-1	149.548	0
9	149.565	149.565	0	149.566	1	149.566	1	149.564	-1	149.565	0
10	149.532	149.532	0	149.533	1	149.532	0	149.531	-1	149.532	0
11	149.579	149.578	-1	149.579	0	149.578	-1	149.578	-1	149.578	-1
12	149.558	149.558	0	149.558	0	149.558	0	149.558	0	149.558	0
13	149.574	149.573	-1	149.573	-1	149.573	-1	149.573	-1	149.573	-1
14	149.541	149.541	0	149.541	0	149.541	0	149.54	-1	149.54	-1
15	149.527	149.527	0	149.527	0	149.527	0	149.526	-1	149.527	0
16	149.552	149.552	0	149.551	-1	149.551	-1	149.551	-1	149.551	-1
17	149.553	149.553	0	149.554	1	149.553	0	149.552	-1	149.552	-1
18	149.560	149.560	0	149.56	0	149.559	-1	149.559	-1	149.559	-1
19	149.552	149.552	0	149.552	0	149.551	-1	149.551	-1	149.551	-1
20	149.575	149.575	0	149.576	1	149.576	1	149.575	0	149.575	0
21	149.579	149.579	0	149.578	-1	149.579	0	149.58	1	149.582	3
22	149.523	149.523	0	149.522	-1	149.522	-1	149.521	-2	149.522	-1
23	149.554	149.555	1	149.555	1	149.554	0	149.554	0	149.554	0
24	149.436									149.436	
25	149.629									149.629	
26	149.733									149.733	
27	150.008									150.008	
28	150.312									150.312	
29	150.434									150.434	
30	150.232									150.232	
31	149.954									149.954	
32	149.952									149.952	
33	149.835									149.835	
34	149.139									149.139	
35	149.240									149.24	

Précision des mesures +/- 0.5mm.

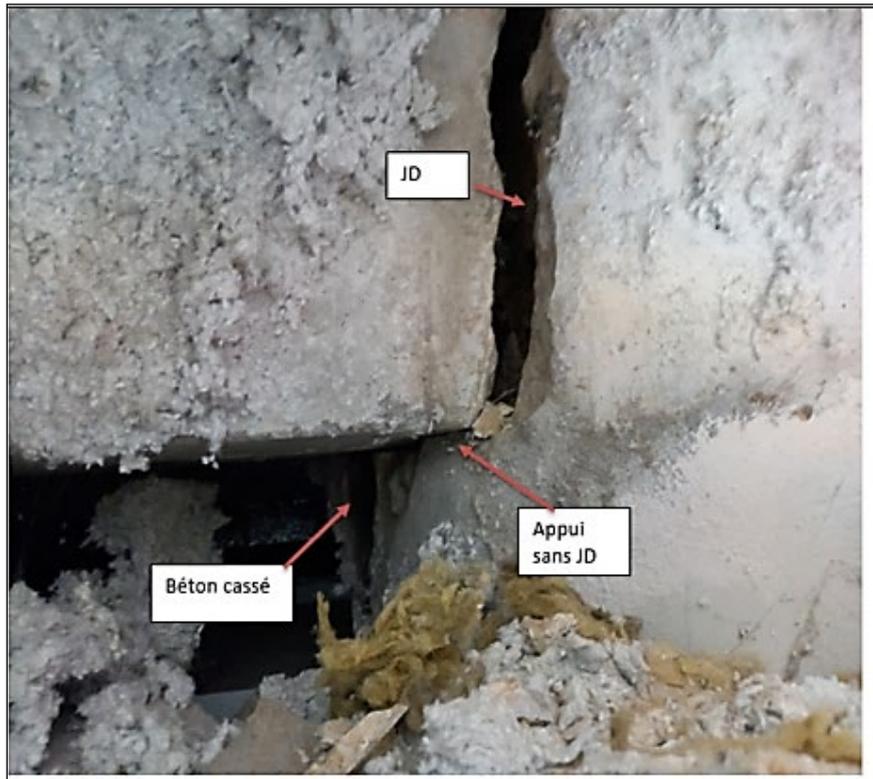
c.3 Ouvertures des joints de dilatation.

Les ouvertures de joints mesurées figurent en annexe « **A4- Largeurs joints- 241104** ». On note la dissymétrie des déformations. Les façades Sud et Nord ont un comportement différent. Si une certaine similitude existe dans les largeurs d'ouverture des couloirs Sud, la façade Sud a un comportement différent à l'Est et à l'Ouest. Par exemple l'ouverture maximale est au RdC à l'Est et au deuxième étage à l'Ouest. Le bâtiment ne s'ouvre également pas en « éventail » avec des valeurs mini ou maxi aux niveaux -3 ou +3. **Les poteaux circulaires Sud des files 6 et 20 présentent en tête des joints de dilatation d'ouverture respective 50 et 55 mm.**

On constate par ailleurs côté Ouest, que les poutres appuient directement sur leur poteau, le joint n'ayant pas été réalisé en partie inférieur, ce qui a entraîné la fissuration d'une partie du poteau A-6 (voir 2 photos ci-après). L'ONERA a demandé dans le cadre de la procédure judiciaire que le joint soit constitué dans les règles de l'art et les bétons endommagés réparés. Des consoles métalliques seront mises en œuvre dans le cadre de l'expertise judiciaire prévisionnellement en 2025.



(Partie béton dégradée en tête de poteau)



(Vue dans plénum)

c.4 Données fournies par l'instrumentation

Quelques capteurs ont été installés en 2022 et d'autres en octobre 2024. Les données fournies figurent dans l'annexe « A5-Examen des données de capteurs de suivi-XXXX ».

c.5 Les poteaux circulaires Sud.

C.5.1 Introduction

Les 24 poteaux circulaires au Sud du bâtiment N soutiennent la façade Sud du bâtiment, cela de la dalle haute du niveau R-1 à la dalle haute du niveau R+3. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- Les 24 poteaux ont un diamètre de 60 cm.
- L'arase supérieure des fondations est au niveau 146.50. Le terrain naturel est au niveau 149.00 à 149.50. Les poteaux sont donc enterrés sur une hauteur de 3.00 à 3.5 m.
- La hauteur totale des poteaux est de 8.20 m environ.
- Les armatures verticales sont constituées de 8HA 14 et les cadres sont des HA6 e=20 cm (Voir plan A22 de GCC).
- Le béton était prévu avec une résistance à la compression B25 sur les plans.

L'ONERA ne possède pas la note de calcul de ces poteaux.

C.5.2 Constats visuels en 2022

- Une légère fissure est apparue sur le poteau axe A- file 12 (voir le schéma dans le chapitre « Présentation générale ») durant l'hiver 2021-2022. Il n'y avait pas de fissures visibles sur d'autres poteaux. Cela pouvait s'apparenter à une fissuration de l'enduit des poteaux.
- Au printemps 2022 d'autres fissures ont été détectées sur les poteaux de l'aile Ouest. Il n'y avait pas de fissures visibles à l'Est et cela jusqu'à l'été. Une légère dépose de l'enduit a montré que la fissure se trouvait également dans le béton. Les fissures restaient de très faible largeur ($1/10^{\text{e}}$).

- Le 12/08/22 il a été constaté une chute d'enduit sur le poteau Axe A-File 3. Le fait que l'enduit se détache sur une certaine surface a permis de constater que les fissures concernaient bien le béton armé et non uniquement l'enduit. Il a été constaté également que les fissures apparaissaient sur l'aile Est. La très faible largeur des fissures ne permettait pas d'investiguer de manière fiable par des essais non destructifs afin de connaître leur profondeur.
- Le 23/08/22 il a été constaté que certains bétons sonnaient maintenant creux sur le poteau file 4. Des sondages au burineur ont été réalisés en urgence le 24/08/22 sur 3 poteaux. Ces sondages non exhaustifs ont déjà révélé plusieurs types d'anomalies qui nécessitent des réparations d'ampleur et un suivi.

C.5.3 Synthèse des actions réalisées en 2022.

Le 30/08/22 nous avons demandé à l'entreprise GCC (titulaire du GO durant les travaux de construction) la note de calcul des poteaux (non reçue à ce jour).

Un examen visuel effectué le 24/08/22 depuis le sol amène à noter que seuls les poteaux des files 18 et 22 ne présentent pas de fissuration ou de signes avant-coureurs (déformation de l'enduit de finition). Les fissures sont à diverses altimétries. Certaines partent du sol et se prolongent donc potentiellement ou avec évidence (ex : poteau file 4) dans les parties enterrées. Leur nombre et implantations sont variables suivant les poteaux. La hauteur des poteaux ne permet pas un suivi correct sans une nacelle. La largeur des fissures est de 1/10^e. Une rapide augmentation de la largeur peut se faire dans les cas de décollement.

Les sondages du 24/08/22 ont révélé :

- La présence d'un plastique à une profondeur variable de 0 à 5cm. On peut penser qu'il s'agit du film utilisé dans les coffrages carton des poteaux. Ce film se serait décollé du coffrage lors de la réalisation et se serait trouvé pris dans 2 épaisseurs de béton. Ce plastique rend le béton extérieur non adhérent et ne lui permet pas de participer à la structure. Sur le poteau 4, le plastique visible à ce jour est présent sur une hauteur de 3 m environ et sur 25% de la circonférence. Les fissures se prolongeant dans le sol on peut considérer cela comme une surface minimale.
- La présence de mortier de réparation qui a servi à enlever le film plastique durant le chantier. Une dépose partielle a donc eu lieu en son temps. Ce mortier fissure également et se décolle aussi parfois.
- La présence de fissures où il n'a été trouvé ni film ni mortier de réparation. Le béton étant dur, les sondages n'ont pas été poursuivis. A ce stade on peut les considérer comme des fissures structurelles.
- La présence de fissures qui partent du sol et donc les parties enterrées sont également concernées par les anomalies.

La détection du film plastique présent dans les poteaux par des moyens non destructifs semble impossible.

Le 23/01/22 nous avons procédé à des sondages destructifs :

- Des percements de divers diamètres ont été réalisés afin de voir si lors du perçage il était possible de ressentir, entendre ou voir des copeaux du film. La réponse est négative. Lors d'un perçement nous sommes arrivés à deviner la présence du film mais uniquement sur un perçement. Cela reste ambigu et non fiable. Un maillage de 50/50 cm sur tous les poteaux est réalisable mais sa fiabilité reste faible.



- Des percements ont également été réalisés afin de voir s'il était visuellement possible de différencier les zones réparées au mortier (qui se décolle ou va se décoller). Ce n'est pas le cas.
- Des zones ont été burinées afin de voir la profondeur des armatures. Sur le poteau File 1 l'enrobage des cadres varie de 1.2 à 4.4 cm. L'enrobage des aciers verticaux varie de 2.2 à 5.4 cm. Sur le poteau File 6 l'enrobage des cadres varie de 0.6 à 0.9 cm et l'enrobage des verticaux varie de 1.5 cm à 6.4 cm. Les enrobages sont donc parfois trop faibles et à contrario la forte profondeur de certaines armatures pourrait expliquer certaines fissures. Les sondages révèlent que les cadres périphériques n'ont pas été réalisés en cerces comme sur les plans mais en polygones ce qui participe à l'éloignement de l'armature vis-à-vis du parement.
- Sur les sondages réalisés les diamètres et espacements d'armatures sont conformes aux plans (HA 14 e=20 et H- e=20).
- Lors des burinages les personnes présentes ont été surprises par le manque de dureté du béton.

Cet état n'est pas acceptable pour les raisons suivantes :

- Perte de section utile du béton.
- Au vu de la profondeur du plastique et du mortier décollé et des surfaces concernées, le complexe armatures-béton ne peut fonctionner de manière correcte.
- Corrosion accélérée. Ce problème est également valable dans les zones où l'enrobage des armatures est faible (0.6 à 0.9 cm sur le poteau File 6).
- Surfaces en mortier de réparation conséquentes. La durée de vie d'un mortier de réparation est couramment de 7 à 15 ans d'après le CEREMA. Il faudra donc reprendre ces mortiers régulièrement.

- Impossibilité de surveiller et d'analyser les fissures structurelles actuelles ou futures pouvant être créées par les mouvements.
- Impossibilité de différencier les parties réparées et le béton réel ce qui complexifie le diagnostic fin et la surveillance.

Les parties défaillantes (film et mortier non adhérent) doivent être purgées et remplacées par un mortier qui assurera au minimum une protection à la corrosion. Les travaux se faisant sans vérinage ou mise en charge des poteaux il ne sera pas possible de considérer que les parties remplacées participent à la reprise des charges ou la reprise totale des charges. On sera (et c'est déjà partiellement le cas vu la présence du film plastique) dans une section réduite des poteaux par rapport à celle conçue. Les mortiers de réparation n'ayant statistiquement pas une durée de vie identique à celle d'un béton coulé en place il faut intégrer dans la réflexion le besoin de nouvelles interventions ultérieures.

Concernant d'éventuelles mises en cause de l'été caniculaire :

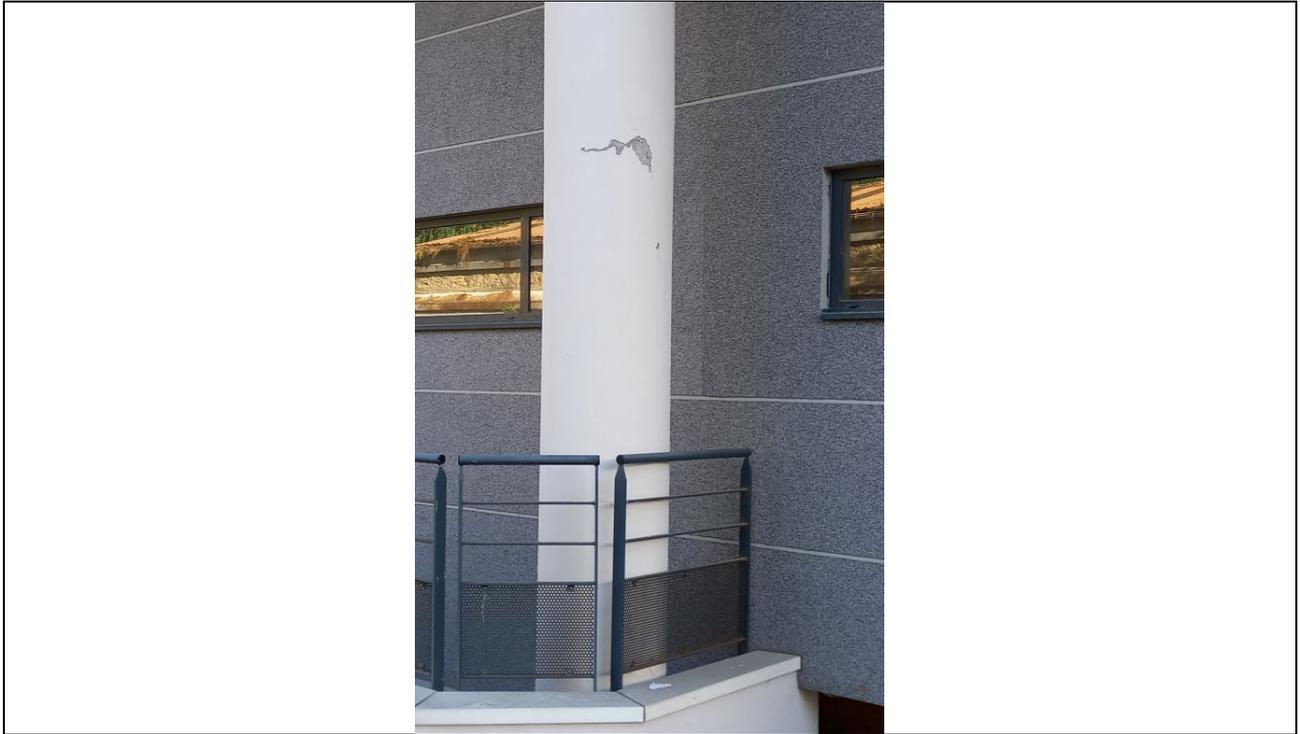
- Les fondations sont enterrées de 3.5 m côté extérieur.
- Les voiles enterrées se trouvant à 1 m des poteaux et des fondations à la même fondation que ces derniers, n'ont connu aucune évolution des fissures durant l'été ni une apparition subite de fissures.

C.5.4 Détails des sondages réalisés en Août 2022

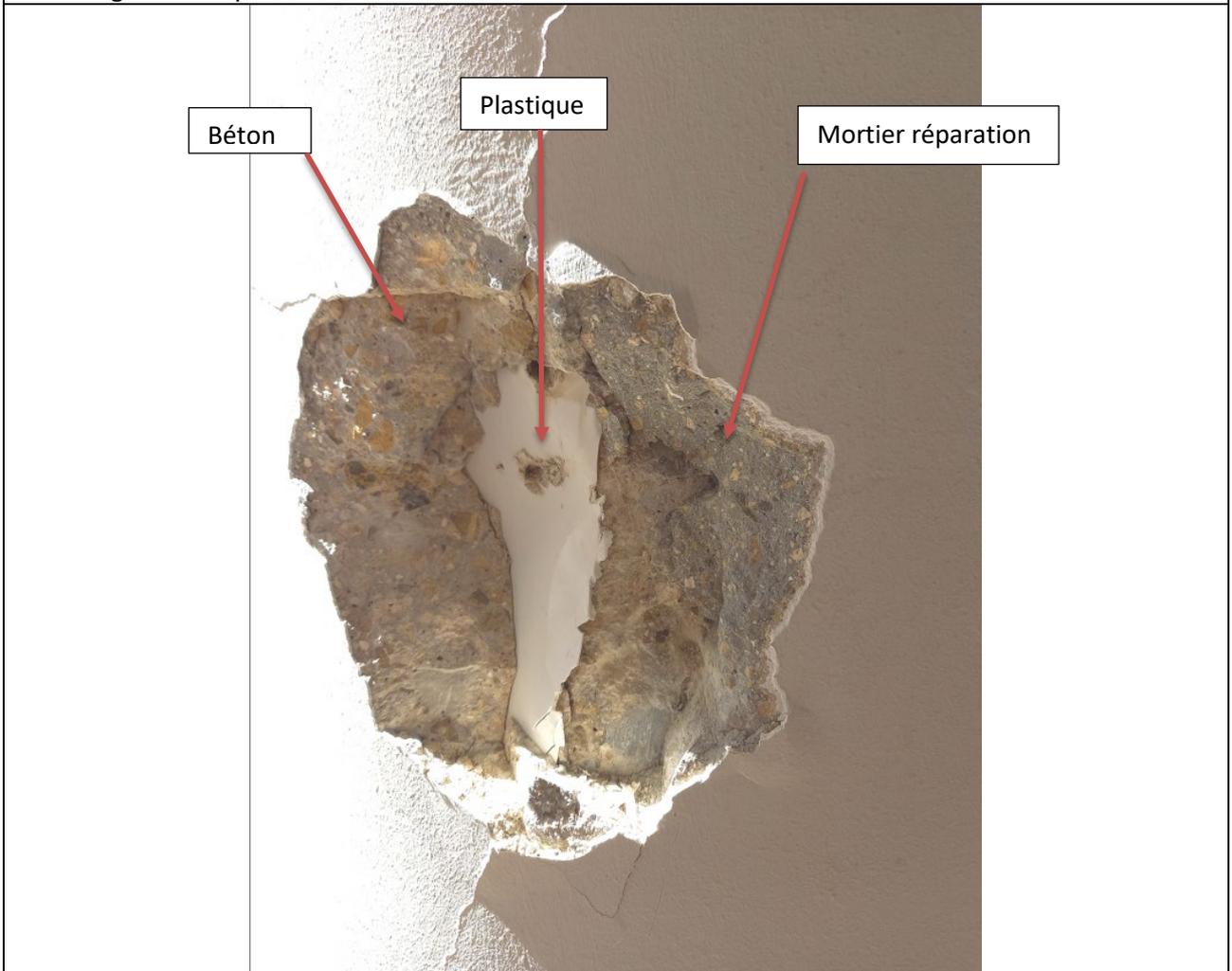
- 1- Les premières manifestations se font par de légers plis et petites fissures de l'enduit pelliculaire qui possède une certaine élasticité. En grattant l'enduit la fissure est présente en surface du béton mais de taille qui ne permet pas de déterminer la profondeur par des méthodes non destructives.



- 2-Chute d'enduit le 12/08/22 sur le poteau file 4 révélant des fissures potentiellement profondes et larges.



3-Sondages sur les poteaux files 4 et 2



4-Des fissures rectilignes sont visibles. Elles peuvent correspondre à une « languette » plastique laissée en place.



5- La profondeur du plastique est variable et peut changer de profondeur rapidement



6- La fissuration ne correspond pas obligatoirement à la présence d'un plastique ou d'un mortier qui se décolle. Fissure à considérer comme structurelle à ce stade.



C.5.5 *Détail des sondages réalisés en janvier 2023*

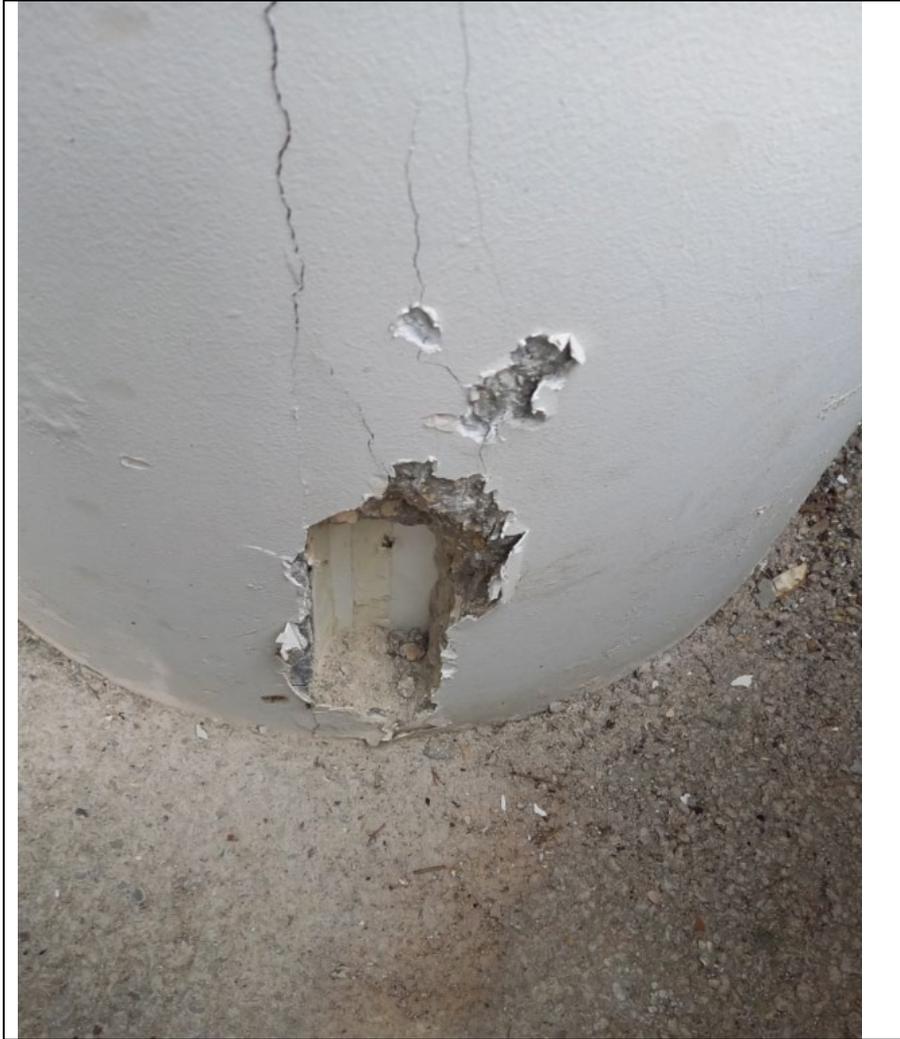
7- Poteau file 6



8- Poteau file 6 également



Pied apparent du poteau file 4



D. Divers

D.1 Intervenants

Le maître d'ouvrage est l'ONERA représenté son Président et par délégation le Directeur de la DSPI. L'interlocuteur du Titulaire est Luc Fontanet (luc.fontanet@onera.fr). L'adresse postale est ONERA-DSPI- 6 chemin de la Vauve aux Granges- BP 80100- 91123 Palaiseau Cedex.

Un expert judiciaire est désigné dans le cadre d'un appel à garantie décennale.

D.2 Echanges de documents

Les échanges intermédiaires et les rapports se font essentiellement de manière dématérialisée à l'aide de fichiers sous format type Word, Powerpoint, Autocad. Tous les documents sont envoyés sous un de ces formats pour faciliter les échanges et sont accompagnés d'une version PDF. Chaque émetteur se charge de vérifier que les mises en pages sont correctes et que tout est lisible (y compris les annotations sur les plans). Chaque intervenant réalise à sa charge les impressions qui lui sont nécessaires.

D.3 Contraintes d'accès et d'intervention

Les contraintes d'accès au centre ONERA sont exposées dans l'accord cadre. Un plan de prévention est réalisé avant intervention sur site pour les essais à réaliser. Concernant plus spécifiquement le bâtiment N deux cas se présentent ensuite pour circuler dans le bâtiment et aux abords :

- Les interventions en RdC et aux étages se font avec un accompagnement permanent par un pompier ou un officier de sécurité de l'ONERA.
- Les sous-sols et extérieurs ne nécessitent pas un accompagnement permanent du Titulaire par l'ONERA.

E. Unités d'œuvre

E.1 Prise de connaissance du dossier et note stratégique

Cette mission nécessite un travail conjoint des spécialistes « essais » et « structure » du Titulaire afin d'identifier l'ensemble des besoins. Les prestations attendues dans cette unité d'œuvre sont les suivantes :

- Prise de connaissance de l'ensemble des documents et plans concernant le bâtiment N ;
- Une visite des lieux par l'équipe d'exécution du Titulaire ;
- Remise d'un premier rapport comprenant :
 - Une description et une première analyse des phénomènes visibles.
 - Une définition du programme d'investigations à mener avec notamment :
 - Les divers moyens de mesure ou d'essais permettant de caractériser l'état du béton, du mortier de réparation, des armatures et de leur enrobage...
 - L'échantillonnage (nombre de poteaux, tout ou partie d'un poteau...) est figé pour chaque critère examiné.
 - Le nombre d'étapes et l'ordonnement des essais.
- Le Titulaire propose les divers calculs à mener afin de procéder aux vérifications de structure. Une ébauche de note d'hypothèse est réalisée.

E.2 Essais divers

Sans préjuger du rapport d'analyse évoqué dans le chapitre précédent, le présent chapitre expose divers essais à réaliser sur la structure. Leur nombre et emplacements sont à figer dans le cadre de la phase précédente et ils sont majoritairement rémunérés à l'unité réellement exécutée. Certains postes sont rémunérés dans le cadre d'un forfait. Les prix unitaires comprennent les frais de déplacement, les accessoires, les outils et moyens courants de mise en œuvre des essais.

L'utilisation d'une plateforme individuelle légère pour tout travail jusqu'à une hauteur de 3.5 m est incluse dans les prestations. Au-delà l'utilisation d'une nacelle est rémunérée suivant les articles ci-dessous.

Il n'est pas envisagé dans ce chapitre de procéder à des essais sur les parties enterrées des poteaux. Dans le cas où cela s'avérerait nécessaire un marché subséquent serait réalisé.

E.2.1 Installation de chantier

Les missions à réaliser sont :

- Prise de connaissance du site et du bâtiment par l'équipe de pose.
- Réalisation d'un plan de prévention.

Les vestiaires, réfectoires et sanitaires sont mis à disposition par l'ONERA à titre gracieux.

E.2.2 Inspection visuelle et relevé des fissures

La mission à réaliser comprend le relevé des microfissures et fissures visibles sur tous les poteaux circulaires (24U) et une description visuelle des anomalies constatées depuis le niveau des enrobés de trottoir jusque sous faux plafonds. Le cas échéant les mesures en faux plafonds ou en parties enterrées ne sont pas comprises dans cette unité d'œuvre.

Le relevé comprend :

- La nacelle nécessaire à l'examen ;
- La pose d'emplâtres sur chaque fissure y compris ponçage préalable de l'enduit de finition ;
- La pose de marquages vissés sur les extrémités de chaque fissure (dans le but de surveiller leur allongement éventuel dans le temps). Exemple de matériel : vis avec cheville nylon de diamètre 6 mm longueur 40 mm ;

- Pour chaque poteau circulaire, un plan en section développée identifiant l'emplacement, la longueur et la largeur des fissures et microfissures visibles.

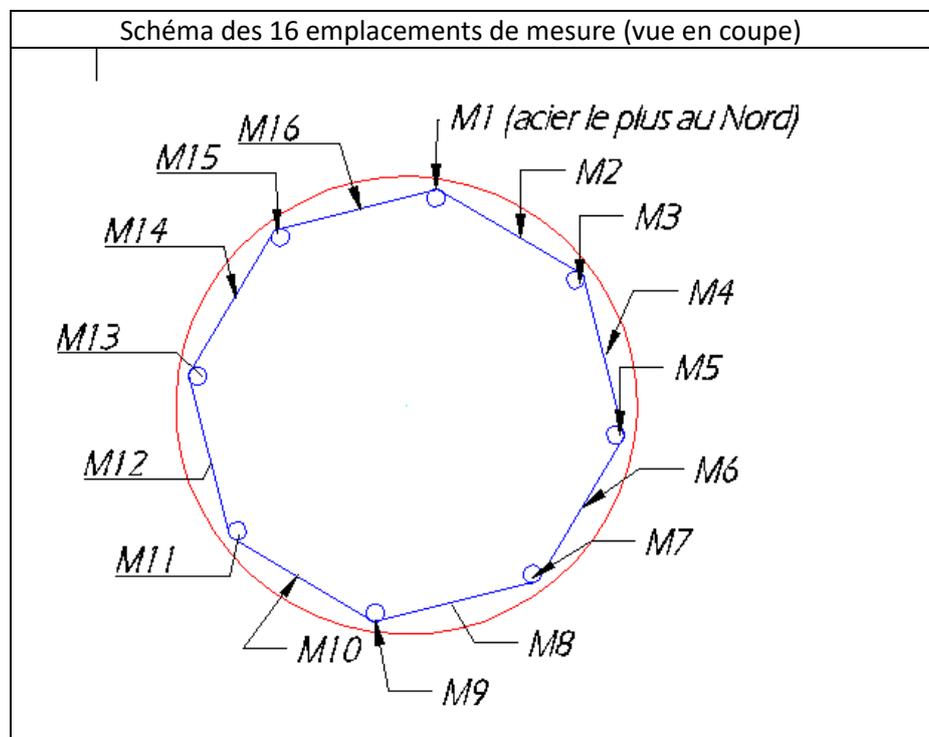
E.2.3 Mesures d'enrobage d'armatures

Les sondages déjà réalisés ont montré des profondeurs d'armatures très variables avec des cerces polygonales et non circulaires (voir photos 7 et 8). Pour chacun des 24 poteaux il est nécessaire de mesurer l'enrobage au droit de chacun des 8 aciers verticaux et à mi-distance entre 2 aciers verticaux pour chaque cadre espacé de 20 cm (zone où l'enrobage du cadre peut être la plus importante). Pour chacun des 24 poteaux il y a donc 16 zones de mesures verticales sur une hauteur de 5 m. Ces enrobages pouvant être variables, pour chaque poteau, un tableau ou un schéma en section développée est réalisé avec les valeurs d'enrobages.

La mission à réaliser comprend :

- Les sondages destructifs nécessaires aux repérages et leur rebouchage au mortier de résine.
- Le traçage de mailles de mesures et le relevé de leurs implantations.
- Les mesures d'enrobages.
- La fourniture d'un tableau ou d'un schéma en sections développées avec valeurs des enrobages.

Cette unité d'œuvre est rémunérée forfaitairement.



E.2.4 Mesure d'humidité

La mission est de réaliser une mesure d'humidité du béton ou du mortier de réparation actuellement présent. Le ponçage de l'enduit de finition présent est compris. Le nombre et les emplacements des mesures sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.5 Mesure de perméabilité, capillarité

La mission est de réaliser une mesure de perméabilité du béton ou du mortier de réparation actuellement présent y compris le carottage nécessaire et son rebouchage. Le ponçage de l'enduit de finition présent est compris. Le nombre et les emplacements des mesures sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.6 Mesure de carbonatation in situ

La mission est de réaliser une mesure de carbonatation du béton y compris repiquage et rebouchage. Le ponçage de l'enduit de finition présent est compris. Le nombre et les emplacements des mesures sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.7 Mesure de dosage des ions chlorure

La mission est de réaliser une mesure des ions chlorure y compris le prélèvement et l'analyse en laboratoire. Le nombre et les emplacements des mesures sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.8 Mesure de cohésion surfacique mortier et béton

La mission est de réaliser une mesure de cohésion surfacique du béton nécessitant un complément en mortier de réparation et du mortier de réparation actuellement présent par la réalisation d'un essai Satec (pour une mesure). Le ponçage de l'enduit de finition présent est compris. Le nombre et les emplacements des mesures sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.9 Mesure de potentiel électrochimique

La mission est de réaliser une mesure de potentiel électrochimique sur la hauteur de 5 m d'un poteau. Le nombre de poteaux examinés et le nombre de bandes de mesures par poteau sont figés durant la réalisation du programme d'investigation.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.10 Mesure de la résistance à la compression d'une éprouvette

La mission comprend :

- La détection des armatures horizontales et verticales au radar.
- La réalisation d'un carottage diamètre 50 ou 75 mm avec l'éclatement adéquat.
- L'écrasement de l'éprouvette en laboratoire.
- La présentation du résultat suivant la norme EN13791 et son complément national.
- Le rebouchage au mortier sans retrait y compris la sujétion apportée par la circularité des poteaux.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.2.11 Mesures au scléromètre

La mission comprend :

- La réalisation de 9 mesures dans une surface élémentaire de 9 dm².
- Les ponçages éventuellement nécessaires.

- L'application dans le rapport du coefficient de correction en fonction de l'orientation du scléromètre.

La rémunération de ce poste est faite suivant chaque ensemble de 9 mesures réellement exécutés.

E.2.12 Amenée et retour d'une nacelle

Le présent poste rémunère l'amenée et le retour d'une nacelle permettant d'aller jusqu'au niveau supérieur des poteaux (h=5 m) pour chaque campagne d'essai. Dans le cas où le Titulaire souhaite interrompre ponctuellement une campagne pour des raisons qui lui appartiennent, les allers et retours ne sont pas rémunérés.

E.2.13 Location quotidienne d'une nacelle

Le présent poste rémunère le coût journalier d'utilisation d'une nacelle h=5 m pour réalisation des essais. Dans le cas où le Titulaire souhaite interrompre ponctuellement une campagne pour des raisons qui lui appartiennent, la présence sur site de la nacelle non utilisée n'est pas rémunérée. Le conducteur et le surveillant au sol sont inclus dans les prestations.

E.3 Rapport d'essai

A la suite de chaque campagne d'essai, un rapport décrit l'ensemble des essais réalisés et fournit les résultats de ces essais. Des conclusions provisoires sont émises. Des propositions d'action et d'amélioration des futures campagnes de détection sont également fournies.

La rémunération de cette unité d'œuvre est faite suivant les quantités réellement exécutées.

E.4 Rapport de synthèse final des essais

Lorsque le Titulaire et l'ONERA conviennent de la fin des campagnes d'essai, un rapport de synthèse décrit l'ensemble des essais réalisés et fournit les résultats de ces essais. Notamment une simulation de la propagation dans le temps de la corrosion est réalisée. Les causes possibles des diverses pathologies sont énumérées. Le rapport expose les problèmes à court ou long termes que les mesures réalisées laissent présager et les actions à mener.

E.5 Calculs structurels

E.5.1 Note d'hypothèse générale

La mission concerne la fourniture d'une note d'hypothèse. La durée de vie du projet est de 50 ans à compter de 2010, la classe de conséquences est CC2, l'indice de fiabilité est RC2.

Certains critères (section utile des béton, enrobages réels, espacements réels des armatures...) sont définis à la suite des essais non destructifs réalisés par le Titulaire. La note comprend les caractéristiques prises en compte pour les deux notes de calcul à réaliser « Cas de charges contractuelles » et « Cas de charges actuelles » (voir chapitres suivants).

Un échange a lieu avec le Titulaire afin d'appréhender si les mouvements du bâtiment nécessitent une intégration dans les vérifications des poteaux par introduction d'un déplacement, un excentrement, d'une contrainte ou tout autre facteur.

Les poteaux sont enterrés sur une hauteur de 3m. La présence de plastique dans les bétons est avérée au minimum sur les poteaux files 4 et 12. Un terrassement sur une hauteur de 3 m impacte fortement l'exploitation notamment à l'emplacement du poteau file 4 où il faudrait démolir un mur en sortie de parking. Lors des échanges avec le Titulaire la nécessité de terrasser en phase Diagnostic est discutée, mais les opérations de diagnostic concernant les parties enterrées ne seront pas réalisées au titre des missions de cet accord cadre. Des hypothèses conservatrices sont prises sur ces tronçons enterrés de poteaux.

La note doit préciser le nombre de cas de poteaux à étudier dans les notes de calcul. Au stade de rédaction du présent document on est amené à inventorier les 4 cas suivants :

- Un poteau réalisé conformément aux règles de l'art et aux normes (cas « favorable »). Le poteau est réalisé sans présence de plastique, de mortier de réparation avec les sections d'armatures conformes aux plans et correctement positionnées dans un béton de résistance conforme aux plans. Il n'y a pas trace de fissuration.
- Un poteau comprenant toutes les non conformités recensées à l'issue des essais (cas le plus défavorable) : cages d'armatures mal positionnées, présence de plastique, de mortier de réparation qui est ou sera à reprendre, fissurations visibles... (exemple poteaux file 4 et 12).
- Deux poteaux comprenant une partie des non conformités et reflétant l'état « moyen » des poteaux (deux cas « état moyen »). Les hypothèses de ces cas sont déterminées entre le Titulaire et l'ONERA.

Les études structurelles réalisées par le titulaire doivent être claires dans la présentation et la rédaction. L'exploitant, non sachant, doit pouvoir se référer aisément à ces documents afin d'exploiter et maintenir l'ouvrage.

A ce titre tout prédimensionnement ou dimensionnement que ce soit en phase projet ou exécution débute par une note d'hypothèse. Cette note **reprend systématiquement tous les points préconisés par les Eurocodes** quitte à ce que pour certains il soit écrit « sans objet » ou « non dimensionnant ».

Des schémas réalisés par le MOE synthétisent pour chaque niveau les charges prises en compte (surfaciques et ponctuelles).

Pour chaque situation de projet, la note d'hypothèse comprend notamment les points suivants (sans être exhaustif, se reporter aux Eurocodes en vigueur) :

- Résistance structurale.
- Aptitude au service et limites de déformations.
- Durabilité.
- Résistance incendie.

Un chapitre dans la note d'hypothèse expose les principes structurels. Ils aident à comprendre les dimensions principales, la descente de charge, les divers appuis, les différentes parties d'ouvrages, les points notables ou sensibles. Ce texte permet de comprendre rapidement et de manière synthétique les principes et caractéristiques structurelles des ouvrages sans devoir se plonger dans des plans ou la totalité du document.

E.5.2 Note de calcul « Cas de charges contractuelles »

La mission concerne la réalisation d'une note de calcul détaillée de vérification réglementaire des poteaux d'après les charges définies dans le marché de construction (voir Annexe A2 « Charges applicables-241104 »). Les coefficients de « sécurité » entre efforts réels et les capacités de reprise de la structure sont fournis pour les divers efforts.

La modélisation de tout ou partie du bâtiment est nécessaire pour cette note de calcul et les suivantes. Cette modélisation est comprise dans la présente mission. La modélisation est faite de manière à pouvoir faire varier aisément les diverses caractéristiques nécessaires au calcul (charges, sections de béton, enrobages...). La modélisation se fait à partir des plans en annexe A3 « Plans DOE (extraits) et de levés éventuels sur site. Il n'est pas prévu que l'ONERA fournisse d'autres documents. Le fichier informatique du modèle réalisé est remis également à l'ONERA. Le format du fichier est exploitable par plusieurs logiciels de calculs courants de type Robot, Arche...

Les notes de calcul sont rédigées et exposent clairement les vérifications réalisées. Toutes les vérifications imposées par le Eurocodes sont réalisées. Elles ont une introduction et une conclusion qui souligne les points notables. Les hypothèses sont rappelées, les cas de charges pris en compte expliqués. Il est expliqué pourquoi certaines charges, cas de charges, combinaisons, justifications ne sont pas approfondis (exemple : sans objet, non dimensionnant...). En aucun cas on ne laisse douter d'un oubli dans les diverses vérifications que les normes imposent.

E.5.3 Note de calcul « Cas de charges actuelles »

La mission concerne :

- La définition entre l'ONERA et le Titulaire des charges actuelles dans le bâtiment. Après visite des locaux représentatifs et au vu de leur exploitation actuelle, des charges sont définies.
- La réalisation d'une note de calcul détaillée de vérification réglementaire des poteaux d'après ces charges. Les coefficients de « sécurité » entre efforts réels et les capacités de reprise de la structure sont fournis pour les divers efforts. Les calculs automatiques sont également remis à l'ONERA.

Les notes de calcul sont rédigées et exposent clairement les vérifications réalisées. Toutes les vérifications imposées par le Eurocodes sont réalisées. Elles ont une introduction et une conclusion qui souligne les points notables. Les hypothèses sont rappelées, les cas de charges pris en compte expliqués. Il est expliqué pourquoi certaines charges, cas de charges, combinaisons, justifications ne sont pas approfondis (exemple : sans objet, non dimensionnant...). En aucun cas on ne laisse douter d'un oubli dans les diverses vérifications que les normes imposent.

E.5.4 Note de calcul « Cas de charges acceptables »

Dans le cas où la note de calcul « Cas de charges actuelles » aboutit à la conclusion que les charges dépassent les valeurs permettant une justification réglementaire des poteaux, un rétro calcul est réalisé afin de déterminer quelles sont les charges acceptables. Cette mission est déclenchée par bon de commande de l'ONERA en cas de conclusion défavorable d'une ou des deux notes de calcul précédentes.

La mission comprend la réalisation d'une note de calcul détaillée de vérification réglementaire des poteaux d'après ces charges. Les coefficients de « sécurité » entre efforts réels et les capacités de reprise de la structure sont fournis pour les divers efforts. Les calculs automatiques sont également remis à l'ONERA.

Une note d'hypothèse récapitule clairement les caractéristiques prises en compte pour les poteaux.

E.6 Rapport de recommandations sur les réparations et le suivi des poteaux

A l'issue des essais et calculs réalisés les spécialistes « Essais » et « Structure » du Titulaire émettent des recommandations communes sur les réparations et le suivi des poteaux à réaliser. La présente mission concerne :

- Un inventaire des anomalies détectées en date de réalisation du diagnostic pour chaque poteau et les investigations non menées par impossibilité ou car cela nécessiterait des essais destructifs dommageables.
- Les actions de réparation à mener. Ces actions sont classées par ordre de priorité décroissante.
- Le suivi sur le court terme (dans l'attente des réparations) et après réparations. Ce suivi peut être visuel, par instrumentations (jauges et ou capteurs) ou par essais périodiques (suivi de la corrosion par exemple).
- Des critères et des valeurs d'alerte et d'arrêt sont définis en phases « Suivi avant réparation », « Réparation », « Suivi après réparation ». L'ancien mortier a été mis en œuvre avant la mise en charge totale des poteaux, le nouveau mortier aura un rôle différent, les poteaux n'étant pas vérinés. Le Titulaire doit se prononcer sur l'ampleur possible par poteau des démolitions et leur phasage éventuel. Il faut également déterminer par rapport au cas de charge actuel à partir de quelle section de béton utile le poteau ne répond plus aux Eurocodes.

E.7 Rapport final de diagnostic.

Le Titulaire remet un rapport de synthèse résumant et compilant l'ensemble des rapports et actions réalisées dans le cadre du présent diagnostic. Une note expose les principales conclusions, décrit les actions éventuelles à mener en phase Avant-Projet, ébauche des solutions de suivi, entretien et travaux de réparation. Une estimation financière détaillée est fournie. L'estimation fournit des détails sur les essais restants à mener, les réparations connues, le suivi et entretien à mener à court et long terme.