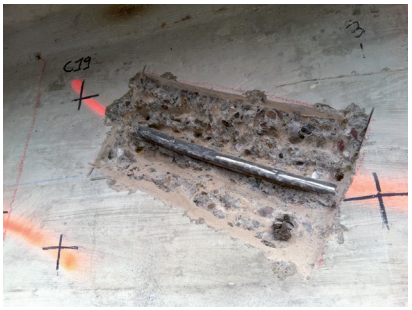
OUVERTURE / FERMETURE D'UNE FENÊTRE DANS LE BÉTON

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE	
OBJECTIF	Le diagnostic des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint nécessite souvent l'ouverture de fenêtres dans le béton permettant d'atteindre les armatures internes passives et actives en vue de les examiner, de réaliser des mesures, de faire des prélèvements pour analyses et essais.
PRINCIPE	Démolition mécanique du béton pour atteindre une armature, sans endommager les armatures internes situées dans l'emprise de la fenêtre.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Destructif
MATURITÉ	Méthode courante
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Repérage : utilisation de pachomètre, profomètre, scanner, radar et/ou gammagraphie. Matériel de traçage sur béton. Matériel pour l'ouverture de la fenêtre : – perceuse à percussion avec forets appropriés, voire disqueuse diamant équipée d'un gabarit de profondeur ; – outil manuel pneumatique ou électrique léger (burinage), voire matériel de décapage à l'eau à haute ou très haute pression. *Cas d'un conduit de câble de précontrainte par post-tension :* – matériel adapté pour l'ouverture du conduit (en feuillard ou tube métallique) : ciseau à métal, mini-scie rotative voire disqueuse équipée d'un gabarit de profondeur, etc. Matériel pour le rebouchage de la fenêtre dépendant de la méthode de mise en œuvre du mortier ou béton de réparation (manuelle, par coulage ou par projection).
MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	<u>Ouvrages en béton armé :</u> – détermination ou confirmation du type des armatures (aciers doux ou HA), de leurs profondeurs (épaisseurs d'enrobage), de leurs diamètres (éventuellement résiduels), – examen de l'état des armatures vis-à-vis de la corrosion ou d'autres pathologies (fissures actives ou évolutives, RGI du béton, incendie, etc.), – réalisation de prélèvements en vue d'analyses et/ou d'essais en laboratoire, – réalisation de mesures électro-chimiques (par exemple mesures de potentiels avec positionnement d'une électrode de référence en parement) dans le cadre d'un diagnostic de corrosion du béton armé. <u>Ouvrages en béton précontraint :</u> – détermination ou confirmation des types d'unités -si possible- et d'armatures (fil ou toron) de précontrainte et de leurs profondeurs, – examen de l'état des conduits, de la qualité de l'injection au coulis de ciment, de l'état des armatures de précontrainte notamment vis-à-vis de la corrosion ou d'autres pathologies (fissures actives ou évolutives, incendie, etc.), – réalisation de prélèvements en vue d'analyses et/ou d'essais en laboratoire, – réalisation de mesures de la tension résiduelle des armatures de précontrainte à l'arbalète.

JUILLET 2019

SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Le mode opératoire prévoit la réalisation de plusieurs opérations : l'analyse du dossier d'ouvrage, le choix de la localisation, le repérage des aciers, le traçage des aciers et de la fenêtre, l'ouverture, puis la fermeture de la fenêtre : *Analyse préalable du dossier de l'ouvrage :* informations à rechercher sur les armatures internes au béton : types, diamètres, positionnements, tracés, espacements, profondeurs, etc. *Choix de la localisation « théorique » de la fenêtre :* en fonction de l'objectif de l'investigation et après analyse par un chargé d'études OA (accessibilité, profondeur « raisonnable » de l'armature interne à atteindre, présence identifiée d'un défaut suite aux inspections et/ou auscultations préalables, zone présentant un risque élevé vis-à-vis de la corrosion des armatures, section déterminante en vue du recalcul d'un ouvrage, etc.). Dans le cas d'une évaluation qualitative d'un câble de précontrainte intérieure, l'ouverture d'une fenêtre fait normalement suite à la réalisation de clichés gammagraphiques et la fenêtre est localisée au droit d'un cliché montrant une anomalie (absence de coulis, armature détendue voire rompue, etc.). Dans le cas de la quantification de la capacité portante résiduelle d'un ouvrage en béton précontraint, la localisation des fenêtres est arrêtée en accord avec le bureau d'études chargé du recalcul de l'ouvrage. Repérage des aciers : détection préalable (position, tracé et profondeur) de l'armature à atteindre, ainsi que des armatures internes à préserver situées dans l'emprise de la future fenêtre (utilisation de pachomètre, profomètre, scanner, radar et/ou gammagraphie : cf procédure E-2-1 « Détection et localisation d'armatures passives ou actives dans le béton »). Note : la position réelle des armatures internes peut différer significativement de leur position théorique déduite d'un plan d'exécution, etc. *Traçage des armatures internes* détectées sur le parement béton en représentant leur encombrement : Traçage des bords de la fenêtre à ouvrir sur le parement béton et inscription de la désignation de la fenêtre. Note : les dimensions de la fenêtre dépendent de l'objectif de l'investigation et de la profondeur de l'armature à atteindre. S'agissant d'une investigation destructive, les fenêtres doivent être les plus réduites possible. Par exemple, pour l'évaluation qualitative d'un câble de précontrainte intérieure situé à une profondeur de quelques centimètres, on se limite généralement à une vingtaine de centimètres de côté. Pour la réalisation de mesures de tension résiduelle à l'arbalète, se reporter à l'annexe 2 du Guide technique LCPC « Mesure de la tension des armatures de précontrainte à l'aide de l'Arbalète » de novembre 2009. Ouverture de la fenêtre : Découpe des bords de la fenêtre par réalisation d'une succession de perçages proches en évitant les armatures internes détectées, voire utilisation d'une disqueuse diamant équipée d'un gabarit de profondeur pour ne pas endommager les armatures internes détectées. Élimination progressive du béton dans l'emprise de la fenêtre et dégagement des armatures passives et/ou de précontrainte par pré-tension (sur toute leur périphérie) et/ou du conduit (jusqu'à mi-diamètre au maximum, sauf dans le cas particulier d'une mesure à l'arbalète sur le câble complet -câble toronné du procédé SEEE par exemple-) au moyen d'un outil manuel pneumatique ou électrique léger (burinage), voire d'un matériel de décapage à l'eau à haute voire très haute pression (déconseillé pour la précontrainte interne par post-tension pour ne pas introduire d'eau dans les conduits et pour ne pas endommager le coulis et le conduit en feuillard) en prenant toutes les précautions pour ne pas endommager les armatures. Dans le cas d'un câble de précontrainte par post-tension : – ouverture délicate du conduit (en feuillard ou tube métallique) au moyen d'un matériel adapté (ciseau à métal, mini-scie rotative voire disqueuse équipée d'un gabarit de profondeur, etc.). La durée d'ouverture de la fenêtre doit être réduite au minimum pour éviter la corrosion des armatures. Fermeture de la fenêtre : – Cas d'armatures passives : préparation et nettoyage du support et des armatures, reconstitution éventuelle d'armatures sectionnées, pose éventuelle d'un coffrage adapté, rebouchage manuel, par coulage ou projection au moyen d'un mortier ou béton de réparation à base de liant hydraulique (type CC ou PCC) adapté (classe R3 ou R4 au sens de la norme NF EN 1504-3…) (cas 3 de l'annexe B de la NF P95-101), cure du mortier ou béton de réparation ; – Cas d'une armature de précontrainte par pré-tension : opération similaire à celle des armatures passives, mais avec utilisation d'un ciment CEM I ou CEM II CP2 (cas 5 de l'annexe B de la NF P95-101) ;

SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	– Cas d'un câble de précontrainte par post-tension : reconstitution de la protection du câble au moyen de graisse, voire d'un coulis de ciment (à base de ciment CEM I ou CEM II CP2) dans la mesure du possible, fermeture du conduit, préparation et nettoyage du support et des armatures, éventuelle reconstitution d'armatures passives sectionnées, pose éventuelle d'un coffrage adapté, rebouchage manuel, par coulage ou projection de la fenêtre au moyen d'un mortier ou béton de réparation à base de liant hydraulique (type CC ou PCC) adapté (ciment CEM I ou CEM II CP1 ou CP2, classe R3 ou R4 au sens de la norme NF EN 1504-3…) (cas 6 de l'annexe B de la NF P95-101), cure du mortier ou béton de réparation.  Traçage après détection des armatures internes au béton (CEREMA)  Ouverture d'une fenêtre au droit d'un câble de précontrainte relevé sur une poutre d'un VIPP(CEREMA)  Vue de la fenêtre ouverte (CEREMA)  Vue de fenêtres refermées (CEREMA)
LIMITES D'UTILISATION	Moyen d'accès à la zone de la fenêtre. Profondeur « raisonnable » de l'armature interne à atteindre (guère plus d'une dizaine voire d'une quinzaine de cm en règle générale). Incidence de l'ouverture d'une fenêtre sur la capacité portante d'un élément structural porteur
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Liée aux performances des moyens de détection et de localisation des armatures internes utilisés (cf procédure E-2-1 « Détection et localisation d'armatures passives ou actives dans le béton »).
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'études pour la localisation des fenêtres. Agents d'investigation pour l'ouverture / la fermeture de fenêtres. Cette prestation est cependant souvent sous-traitée à une entreprise de travaux publics (nécessite l'établissement préalable d'un PAQ et d'une procédure d'exécution) ; chargé d'investigation ou de contrôle pour le contrôle extérieur des travaux correspondants.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à une seule face.
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Possibles, selon localisation des fenêtres, notamment sur la voie franchie (si risque de chute de matériel ou de morceaux de béton).
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Dépend bien entendu du volume de béton à éliminer (dimensions en plan et profondeur de la fenêtre). Pour l'ouverture d'une fenêtre de grandes dimensions permettant la mesure de la tension résiduelle d'un câble de précontrainte à l'arbalète, il faut compter plusieurs heures de travail : le rendement peut être de 3 à 4 fenêtres par jour.
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Les résultats directs de l'ouverture d'une fenêtre (constats visuels) sont immédiatement disponibles.

PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Non
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Non
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Risques de blessures liés aux matériels utilisés, aux projections d'éclats de béton, aux chutes. Bruit. Nécessité de port d'EPI (casque, protections auditives, lunettes, gants, etc.).
ENCOMBREMENT – POIDS	Dépend du matériel employé pour l'ouverture puis la fermeture de la fenêtre ; la plupart du temps il s'agit de matériels légers, de faible encombrement.
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Permet l'accès direct et la visualisation d'armatures internes au béton, la confirmation voire l'étalonnage des résultats d'auscultations non destructives, la réalisation de prélèvements de matériaux pour analyses ou essais en laboratoire, la quantification des tensions résiduelles d'armatures de précontrainte; etc.
INCONVÉNIENTS	Caractère destructif de l'investigation. Une attention particulière doit être accordée au volume de béton retiré des éléments structuraux porteurs, aux coupures accidentelles ou volontaires d'armatures, et à leurs effets sur la résistance structurale. Le retrait de béton d'éléments en compression modifie le cheminement des contraintes ; le matériau de remplissage d'une fenêtre n'est pas comprimé sous charges permanentes. L'ouverture d'une fenêtre dans le béton est une opération délicate et minutieuse, surtout dans le cas des armatures de précontrainte par post-tension, car il existe des risques d'endommagement des armatures par des actions mécaniques et de corrosion en raison de leur mise en contact avec le milieu ambiant.
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Courante ; cette prestation est souvent sous-traitée à une entreprise de travaux publics
COÛT	Moyen, en fonction du nombre de fenêtres et de leurs dimensions
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Guide méthodologique de surveillance et d'auscultation des VIPP du LCPC d'octobre 2001 (pages 36 à 42) Guide technique LCPC « Mesure de la tension des armatures de précontrainte à l'aide de l'Arbalète » (novembre 2009) NF P95-101 : Ouvrages d'art - Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Reprise du béton dégradé superficiellement - Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés NF EN 1504-3 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Définitions, exigences, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité - Partie 3 : réparation structurale et réparation non structurale