

Principes pour la conservation du béton présentant une valeur culturelle

Principes

Susan Macdonald et
Ana Paula Arato Gonçalves

Getty
Conservation
Institute

Principes pour la conservation du béton présentant une valeur culturelle

Principes

Susan Macdonald et
Ana Paula Arato Gonçalves

Getty Conservation Institute
Los Angeles

© 2021 J. Paul Getty Trust
1200 Getty Center Drive, Suite 700
Los Angeles, CA 90049-1684
États-Unis
Téléphone +1310 440-7325
Fax +1310 440-7702
E-mail gciweb@getty.edu
www.getty.edu/conservation

ISBN : 978-1-937433-88-8 (ressource en ligne)
ISBN : 978-1-937433-87-1 (impression à la demande)

Le Getty Conservation Institute (GCI) œuvre, à l'échelle mondiale, à l'amélioration des pratiques de conservation dans le domaine des arts visuels au sens large, englobant les objets, les collections, les ensembles architecturaux et les sites. L'Institut se met au service des professionnels de la conservation via des recherches scientifiques, des actions d'éducation, des formations, des projets sur le terrain et la diffusion d'informations. L'ensemble des initiatives du GCI visent à créer et transmettre des connaissances contribuant à la préservation du patrimoine culturel mondial.

Couverture et quatrième de couverture: Palais des Filateurs, Ahmedabad, Inde, conçu par Le Corbusier, construit en 1954-56, © F.L.C./ADAGP, Paris/Artists Rights Society (ARS), New York 2021.
Photo: Lucien Hervé, 1954-56, © J. Paul Getty Trust. Getty Research Institute, Los Angeles (2002.R.41).

Sommaire

Introduction	5
À propos de ce document	8
Objectif	8
Champ d'application	8
Limites	11
Terminologie	11
Principes.....	14
1. Planification du projet	14
1.1. Former une équipe qualifiée pour le projet.....	14
1.2. Définir les objectifs du projet.....	15
1.3. Identifier les parties prenantes	15
1.4. Identifier les exigences réglementaires	15
2. Comprendre le bâtiment et les besoins de conservation.....	16
2.1. Évaluer la valeur culturelle du bâtiment et la valeur du béton.....	16
2.2. Évaluer le bâtiment: Évaluer l'état matériel et identifier les menaces/ opportunités, les besoins des utilisateurs et des parties prenantes et les contraintes	17
2.2.1. Investigation préliminaire	18
2.2.2. Investigation détaillée.....	18
2.2.3. Identifier les menaces et les opportunités.....	19
2.2.4. Identifier les besoins des utilisateurs et des parties prenantes	19
2.2.5. Identifier les contraintes.....	19
2.2.6. Évaluation des résultats	19

3. Élaborer des stratégies de conservation	20
3.1. Critères de conservation	21
3.2. Réaliser des essais, des épreuves de convenance et des tests sur les matériaux de réparation et de traitement	22
4. Mise en œuvre.....	23
5. Entretien et suivi.....	24
Remerciements	25
Glossaire.....	26
Références	27

Introduction

Le béton est sans doute le matériau de construction le plus utilisé de l'époque moderne. À ses débuts, sa production et les constructions en béton étaient généralement manuelles, et son expression architecturale était utilitaire ou imitait les matériaux traditionnels, comme la pierre. Par la suite, aux XIXe et XXe siècles, l'industrialisation de la production du ciment et du béton ainsi que des techniques associées ont fait émerger les processus de construction à grande échelle et entièrement industrialisés que nous connaissons aujourd'hui. Cette évolution technologique rapide, notamment concernant le béton armé, a poussé les ingénieurs, les architectes et les constructeurs à explorer et exploiter les possibilités plastiques et structurelles du béton d'une multitude de façons, pour répondre aux attentes du monde moderne, définissant ainsi des formes et expressions architecturales distinctes en béton.

En outre, le béton a fourni une solution économique au défi de la reconstruction à grande échelle suite à la Seconde Guerre mondiale, devenant ainsi le matériau de construction le plus utilisé du XXe siècle. De ce fait, le développement matériel, structurel et architectural du béton ces deux derniers siècles a généré un patrimoine particulièrement riche et varié de bâtiments et de structures de plus en plus reconnus pour leur **valeur culturelle** (voir le glossaire ci-après) (figures 1a-f).

Cette reconnaissance croissante s'accompagne d'un besoin de protection et de conservation. De nombreuses structures en béton présentant une valeur culturelle auront besoin ou ont déjà besoin d'être préservées. Toutefois, le caractère novateur de la construction en béton signifie également que les connaissances sur sa tenue à long terme et sa durabilité ne cessent d'évoluer. Sa conservation présente des défis spécifiques dépassant ceux des projets habituels de réparation du béton. Il s'agit notamment du manque de reconnaissance et d'appréciation du béton historique et de la nécessité de concilier les exigences de conservation et les méthodes normalisées de réparation du béton.

L'approche adoptée pour préserver le béton présentant une valeur culturelle a recours à la même méthodologie fondamentale que celle utilisée pour les réparations génériques du béton. Toutefois, les structures historiques nécessitent une attention particulière afin de s'assurer que les travaux réalisés préservent leur valeur culturelle. De ce fait, l'impact de toute réparation sur cette valeur doit faire l'objet d'une évaluation minutieuse. Les travaux de conservation peuvent accorder une plus grande importance à la protection du matériau d'origine et/ou à la réduction des impacts sur l'esthétique du béton. Par exemple, dans de nombreux bâtiments brutalistes au béton apparent, dont la finition de surface contribue à leur valeur, les réparations peuvent avoir une incidence négative si elles ne se fondent pas de façon adéquate avec l'apparence d'origine de la surface (figures 2a, 2b). Parmi les autres sujets de préoccupation, on peut citer la perte du matériau d'origine du fait du caractère invasif des méthodes d'évaluation et de réparation du béton les plus fiables, le peu d'informations sur les performances des matériaux et techniques de réparation nouveaux et émergents, et le manque de connaissances sur les effets à long terme des matériaux et méthodes de réparation utilisés.

La réparation du béton est une activité professionnelle vaste et bien établie, constamment alimentée par de nouveaux produits, connaissances et techniques découlant des recherches, de la pratique et de l'industrie. La conservation du béton est toutefois un domaine relativement nouveau, mais à croissance rapide. Dans la plupart des pays, les architectes, les ingénieurs, les conservateurs, les restaurateurs et les entrepreneurs ont peu d'expérience en matière de conservation du béton et disposent d'informations spécifiques limitées pour les guider. Étant donné que la conservation du béton s'appuie sur des connaissances dans les domaines de la réparation du béton et de la conservation, il est nécessaire d'établir des principes fondamentaux, fondés sur les meilleures pratiques actuelles dans ces deux disciplines, afin d'orienter les pratiques de conservation du béton et d'améliorer la gestion du patrimoine en béton à travers le monde.



A



C



B

FIGURES 1A-F L'évolution du béton armé au XXe siècle a entraîné l'apparition d'une diversité de bâtiments et de structures extraordinaires, qui représentent tous des innovations et des formes et expressions nouvelles et variées. Citons notamment **(a)** le Palais d'Itamaraty, Oscar Niemeyer, Brasília, Brésil, 1970. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2013; **(b)** la gare de Beira, Francisco José de Castro, João Garizo do Carmo et Paulo de Melo Sampaio, Beira, Mozambique, 1965. Photo: Andrew Moore, 2011, sous licence CC BY-SA 2.0 Generic; **(c)** le Bunka Kaikan de Tokyo, Kunio Maekawa, Ueno Park, Tokyo, Japon, 1961. Photo: Wei-Te Wong, 2014, sous licence CC BY-SA 2.0 Generic; **(d)** la Hollyhock House, Frank Lloyd Wright, Los Angeles, États-Unis, 1921. Photo: Kyle Normandin, 2012, © J. Paul Getty Trust; **(e)** Las Pozas, Edward James, Xilitla, Mexique, 1949-84. Photo: Pavel Kirillov, 2012, sous licence CC BY-SA 2.0 Generic; et **(f)** la Penguin Pool, zoo de Londres, Berthold Lubetkin, Londres, Royaume-Uni, 1934. Photo: FeinFinch, 2014, sous licence CC BY-SA 3.0 Unported.



D



A



E



B

FIGURES 2A, 2B Réaliser des réparations de surface durables compatibles avec la préservation de la valeur esthétique du béton d'origine représente bien souvent un défi.

(a) Exemple d'absence d'harmonisation esthétique. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2019, © J. Paul Getty Trust; **(b)** exemple d'harmonisation esthétique. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2019, © J. Paul Getty Trust.



F

À propos de ce document

Objectif

Principes pour la conservation du béton présentant une valeur culturelle fournit un cadre permettant de prendre des décisions éclairées et utiles pour la conservation des bâtiments et structures en béton présentant une valeur culturelle, en s'inspirant des normes de réparation du béton et des principes de conservation internationaux (voir les références à la fin du présent document). Le présent document repose sur le principe selon lequel le béton, sous toutes ses formes, peut avoir une valeur culturelle et mérite qu'une approche minutieuse et fondée sur des connaissances soit adoptée afin de le préserver pour les générations futures.

Il ne s'agit pas d'un guide de réparation; les principes définis visent à fournir une approche logique pour la conservation du béton, en guidant les acteurs du domaine à la méthodologie de conservation type, de l'investigation à l'élaboration de stratégies de conservation, en passant par la mise en œuvre et l'entretien. Le présent document suit le processus de conservation étape par étape qui fait l'objet d'un vaste consensus et qui est résumé dans l'organigramme de la figure 3. Il présente la méthodologie utilisée pour la réparation du béton de façon plus générale, tout en ajoutant des considérations spécifiques à prendre en compte lors de la conservation du béton présentant une valeur culturelle.

L'objectif de ce système est d'élaborer une approche cohérente permettant d'obtenir des résultats optimaux dans le domaine du béton présentant une valeur culturelle et d'améliorer les normes de conservation. Il fournit également une terminologie de base (définie dans le glossaire) potentiellement commune aux diverses disciplines intervenant dans la conservation du béton.

Champ d'application

Les principes du présent document s'appliquent au béton, qu'il soit armé ou non, à partir du XIXe siècle, identifié comme présentant une valeur culturelle. Ils couvrent toutes les formes du patrimoine en béton: les bâtiments d'utilisations et typologies variées ainsi que les structures comme les ponts, les fortifications, les éléments paysagers, les œuvres d'art et les éléments décoratifs. Ils incluent le béton coulé sur place et préfabriqué ainsi que la gamme de systèmes renforcés qui ont été utilisés au fil du temps, y compris le béton précontraint par pré ou post tension. Le béton peut recevoir une grande variété de traitement de finitions: historiquement il a été enduit, peint, apparent, présentant les marques de coffrage, bouchardé, imprimé, acidé, en mosaïque et carrelé (figures 4a-e). Ces finitions peuvent contribuer à sa valeur et être vulnérables lors des projets de réparation.

Le béton peut jouer un rôle structurel ou non structurel, mais les principes de conservation sont les mêmes, même si le type et la portée de l'évaluation et les mesures de conservation qui s'ensuivent peuvent être différents. Différents experts peuvent également intervenir dans le processus de conservation, selon que le béton est porteur ou non.

LE PROCESSUS DE CONSERVATION

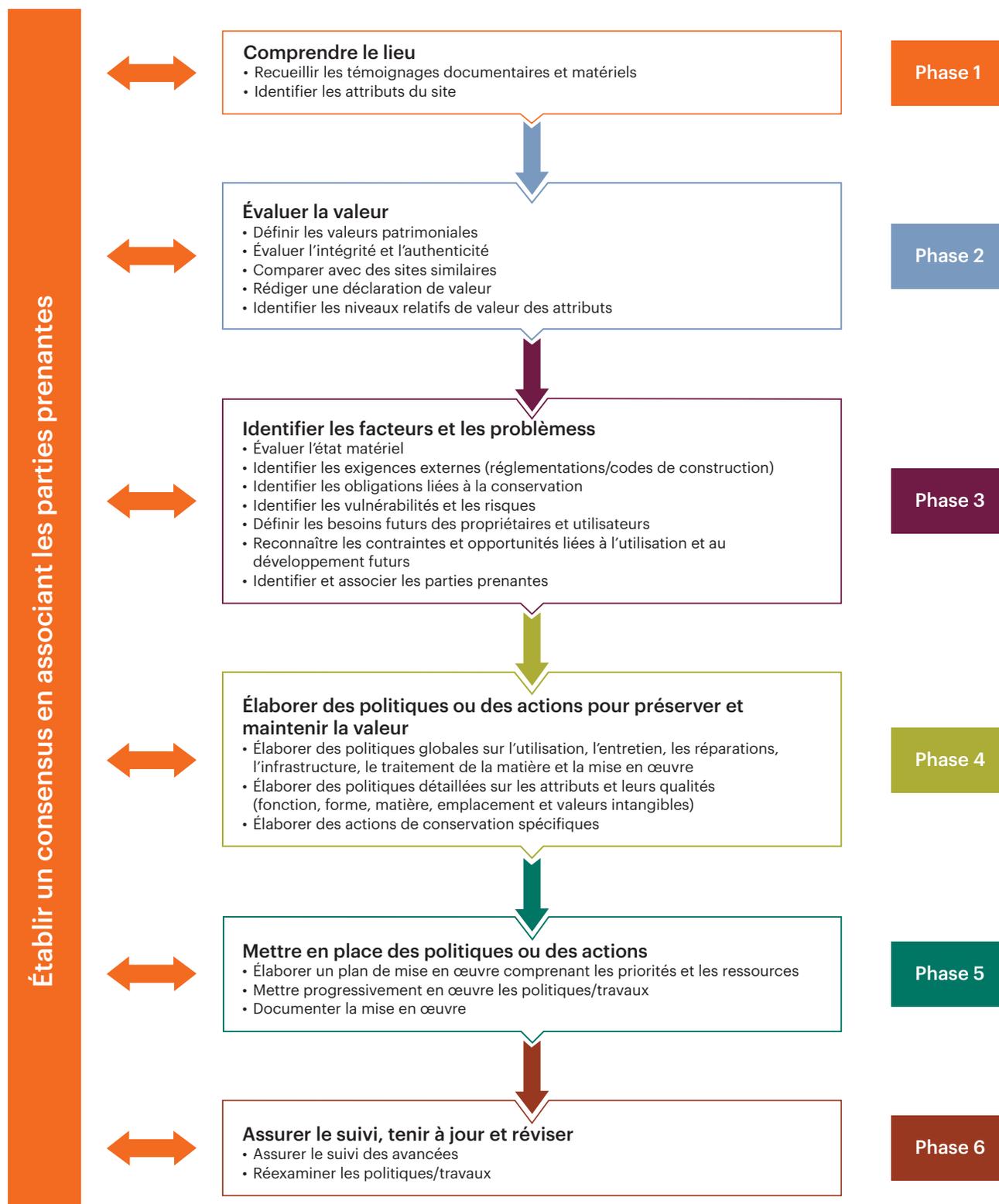
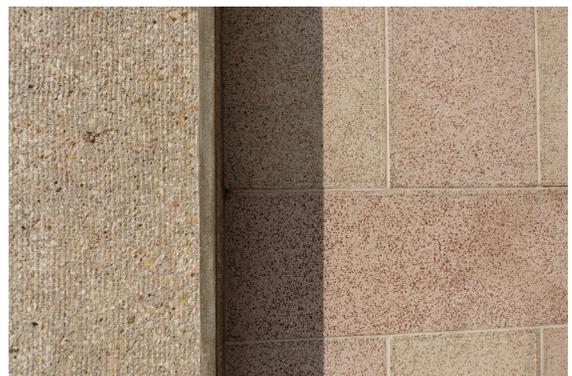
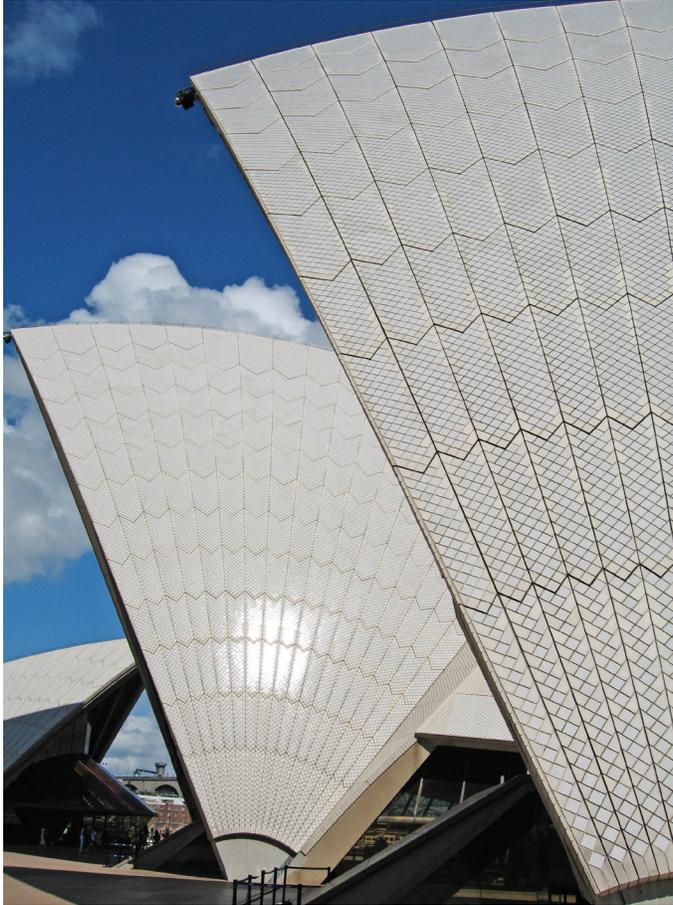


FIGURE 3 Organigramme décrivant le processus habituel étape par étape pour la conservation d'un site patrimonial. D'après le processus de la Charte de Burra (Australie, ICOMOS, 2013).



B

C

D

E

FIGURES 4A-E Exemples de finitions en béton: **(a)** Revêtement de tuiles de céramique sur du béton, opéra de Sydney, Jørn Utzon, Sydney, Australie, 1973. Photo: Greg O’Beirne, 2006, sous licence CC BY-SA 3.0 Unported; **(b)** béton bouchardé, Barbican Centre, Chamberlin, Powell & Bon, Londres, Royaume-Uni, 1976. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2019, © J. Paul Getty Trust; **(c)** béton nervuré avec granulats apparents. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2019, © J. Paul Getty Trust; **(d)** béton avec les marques du coffrage bois. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2019, © J. Paul Getty Trust; et **(e)** béton imitation pierre, Palais d’Iéna, Auguste Perret, Paris, France, 1937–46. Photo: Ana Paula Arato Gonçalves, 2018, © J. Paul Getty Trust.

Limites

Tous les projets de préservation sont soumis à une vaste gamme de considérations et sont élaborés selon les ressources, le temps et les accès disponibles. Le contexte des projets de conservation dépend d'un pays à l'autre. La gestion de projet, les accords de sous-traitance ainsi que les rôles et la disponibilité des professionnels mentionnés peuvent donc être différents. Quoi qu'il en soit, ces principes présentent les pratiques optimales, en reconnaissant que les circonstances locales auront une incidence sur leur application.

Terminologie

La terminologie utilisée dans le présent document est définie dans le glossaire. Les termes spécifiques à la conservation sont tirés de la pratique internationale dans le domaine, tandis que d'autres termes techniques sont définis conformément aux normes du secteur de la réparation du béton et adaptés, le cas échéant, au contexte de la préservation.

Le présent document définit le *béton* comme un matériau composite de granulats de tailles et de formes différentes, généralement classés comme fins (le sable souvent) et grossiers (généralement du gravier et des pierres), combinés à de la pâte de ciment (ciment et eau), qui sert de liant. Il peut contenir ou non des adjuvants et d'autres matériaux cimentaires tels que des cendres volantes, des laitiers de haut-fourneaux et de la fumée de silice. Le béton armé contient des armatures, des câbles ou d'autres éléments (généralement de l'acier, auparavant du fer et, plus récemment, des fibres de verre ou de polymères) qui améliorent la résistance à la traction du matériau.

La *conservation* est ici un terme générique couvrant l'ensemble des processus pouvant être utilisés pour conserver l'importance d'un site patrimonial (sa valeur culturelle). Ces processus comprennent des mesures préventives, la réparation, la restauration, l'entretien et, dans certains cas, la reconstruction.

Le patrimoine en béton englobe toutes les formes de béton présentant une valeur culturelle et les termes *bâtiment* et *structure* sont utilisés pour englober l'ensemble des typologies de ce patrimoine en béton.

LE PROCESSUS DE CONSERVATION DU BÉTON

1. PLANIFICATION DU PROJET

COMMENCEZ ICI

- 1** Former une équipe qualifiée
- 2** Définir les objectifs du projet
- 3** Identifier les parties prenantes
- 4** Identifier les exigences réglementaires

Existe-t-il une déclaration de valeur?

5. ENTRETIEN ET SUIVI

- 1** Élaborer un plan d'entretien
- 2** Assurer le suivi des menaces, des opportunités, des traitements et des réparations

4. MISE EN ŒUVRE

- 1** Choisir les entrepreneurs en donnant la priorité aux compétences requises
- 2** Assurer la formation sur site des entrepreneurs
- 3** Mettre en œuvre les travaux de conservation
- 4** Contrôle qualité
- 5** Documentation du processus de travail et des résultats

3. ÉLABORER DES STRATÉGIES DE CONSERVATION

3.1. CRITÈRES DE CONSERVATION

- 1** Élaborer des critères de conservation
- 2** Envisager des approches de conservation distinctes
- 3** Évaluer l'impact de la stratégie proposée sur la valeur culturelle
- 4** Choisir des matériaux et méthodes adéquats

3.2. RÉALISER DES ESSAIS, DES ÉPREUVES DE CONVENANCE ET DES TESTS

- 1** Réaliser des essais/épreuve de convenance hors site
- 2** Tester et évaluer les essais/épreuve de convenance

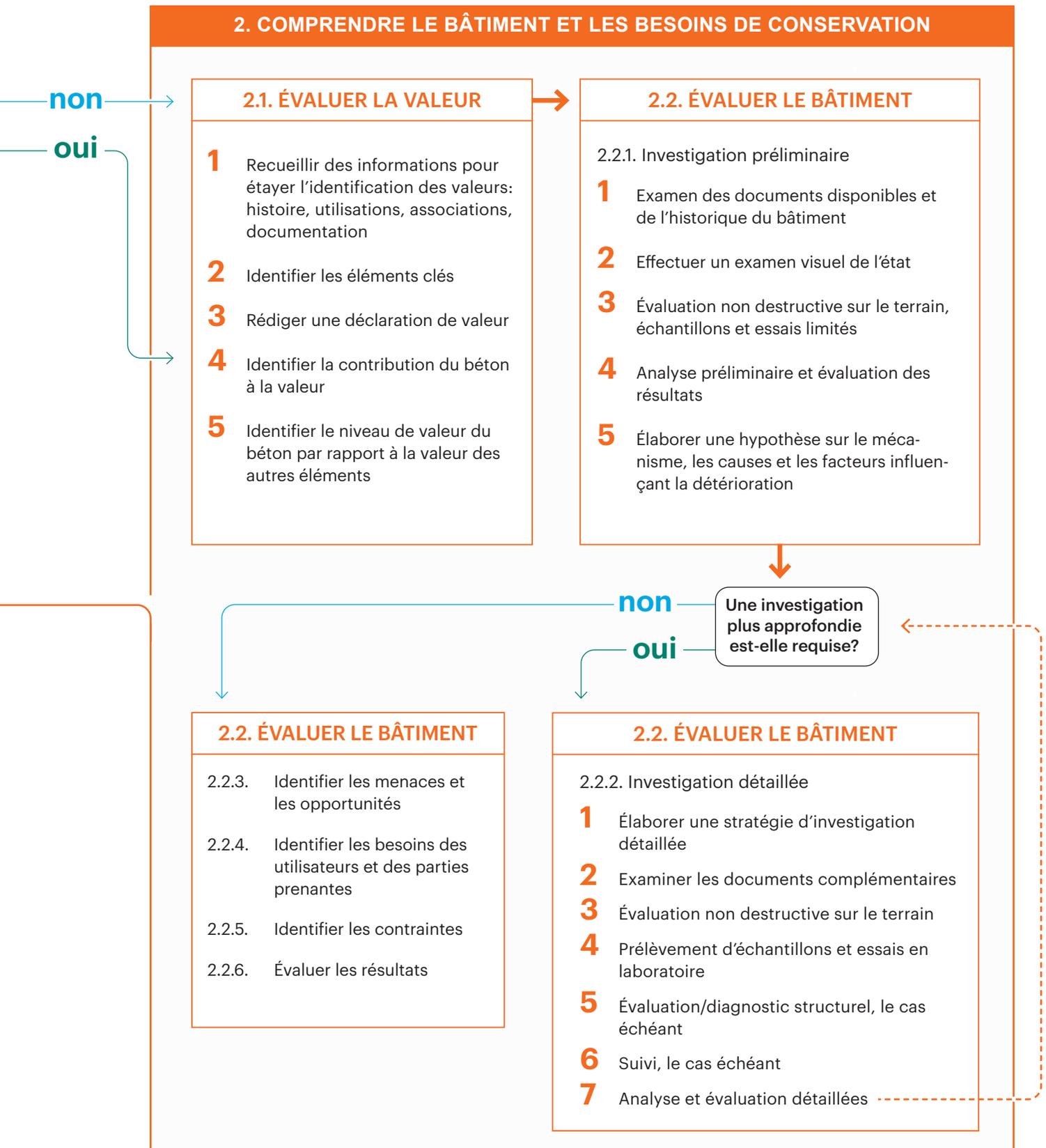
oui

Les critères de conservation sont-ils respectés?

non

- 3** Réaliser des essais/épreuve de convenance sur la structure
- 4** Tester et évaluer les essais/épreuve de convenance
- 5** Élaborer les dessins et les caractéristiques finaux de la construction

FIGURE 5 Organigramme illustrant la totalité du processus de conservation du béton, combinant les bonnes pratiques en matière de réparation du béton et les processus de conservation (voir la fig. 3).



Principes Les principes présentés dans le présent document sont résumés dans l'organigramme de la figure 5. Il illustre l'intégralité du processus de conservation du béton, combinant les bonnes pratiques en matière de réparation du béton et les processus de conservation.

1. PLANIFICATION DU PROJET

La phase de planification du projet est la clé de la réussite d'un projet. Cette section met en avant les domaines les plus importants pour la conservation du béton, tout en reconnaissant que d'autres éléments, comme le budget et le planning, relèvent de la planification ordinaire d'un projet.

1.1. Former une équipe qualifiée pour le projet

La conservation du béton est une activité pluridisciplinaire spécialisée. Ainsi, les acteurs de terrain disposant des connaissances et de l'expérience techniques adéquates dans la conservation du béton doivent être associés à toutes les phases du projet (examen, essais, évaluation, élaboration de stratégies de conservation, mise en œuvre et entretien) afin de s'assurer que les travaux sont efficaces et durables d'un point de vue technique et respectent les exigences de conservation spécifiques du bâtiment.

Actuellement, de nombreux projets privilégient la réduction des coûts lors de la sélection des professionnels et des sous-traitants, or la réussite dépend des connaissances, des compétences et de l'expérience de l'équipe. De ce fait, le processus de sélection devrait donner la priorité aux qualifications et à l'expérience plutôt qu'à l'offre la plus basse. Il est difficile de répondre à l'ensemble des exigences techniques et de conservation des projets relatifs au patrimoine avec une équipe disposant d'une expérience limitée. Dans le cas des réparations du béton, des travaux de mauvaise qualité entraîneront inévitablement de nouveaux travaux et donc une perte inutile du matériau d'origine ainsi que des coûts supplémentaires.

Les principaux domaines spécialisés ayant un rôle à jouer dans la conservation du béton sont répertoriés ci-dessous.

- Des ingénieurs ou architectes disposant de connaissances, de compétences et de l'expérience dans la conservation du béton devraient diriger l'examen de l'état du bâtiment, l'évaluation et l'élaboration des stratégies de conservation, et superviser la mise en œuvre.
- L'évaluation structurelle du béton, l'élaboration de stratégies de réparation structurelle et la mise en œuvre devraient être réalisées par des ingénieurs et entrepreneurs qualifiés. Étant donné que le béton est souvent utilisé comme matériau structurel, les projets impliquant des travaux autres que des réparations superficielles doivent bénéficier d'une expertise dans ce domaine.
- Les restaurateurs disposant de connaissances, de compétences et d'une expérience en matière de conservation du béton peuvent assurer la liaison entre les architectes/ingénieurs et les artisans. Leur contribution est particulièrement précieuse lorsque l'apparence de la réparation est importante et implique une adaptation des matériaux et techniques de réparation aux spécificités du site.

- L'échantillonnage et les tests et analyses en laboratoire devraient être réalisés par des laboratoires expérimentés et respectant les normes internationales et nationales, en s'adaptant aux besoins de conservation. Les professionnels chargés des essais sur le béton devraient participer à l'élaboration des stratégies de test et de prélèvement.
- Les fabricants de produits de réparation ou de traitement ne devraient pas être sollicités à la place de consultants indépendants pour réaliser une évaluation et élaborer des stratégies de réparation. Les fabricants peuvent toutefois jouer un rôle dans l'élaboration de matériaux de réparation spécifiques au site, en collaborant étroitement avec les consultants indépendants.
- Les entrepreneurs disposant de connaissances, de compétences et d'une expérience spécialisées dans le domaine des structures en béton présentant une valeur culturelle sont essentiels à la réalisation de réparations et traitements durables et adéquats. Dans de nombreuses régions du monde, il peut être difficile de trouver des personnes ayant une expérience dans la conservation du béton. Il est alors acceptable de faire appel à des entrepreneurs disposant d'une grande expérience dans des réparations du béton de qualité, qui adoptent une approche artisanale soignée et minutieuse, qui acceptent de suivre une formation sur site et qui intègrent le contrôle qualité détaillé requis lors de l'exécution.

Tout au long du projet, une approche collaborative est essentielle et devrait être encouragée entre les différentes parties prenantes intervenant dans les phases d'évaluation, d'élaboration des stratégies de conservation, d'essai, d'épreuve de convenance, de mise en œuvre, d'entretien et de suivi. Il convient d'attribuer des délais et un budget adéquats à chaque phase.

Conserver la même équipe tout au long du processus, de l'évaluation à la mise en œuvre, présente l'avantage de consolider les connaissances au fil des phases du projet. Si cela n'est pas possible, il demeure essentiel de faire appel à une équipe qualifiée et compétente lors de chacune des étapes du processus de conservation.

1.2. Définir les objectifs du projet

Afin d'orienter le projet dès son lancement, il convient d'avoir une bonne compréhension des objectifs des travaux de conservation du béton. Ces objectifs devraient être affinés et acceptés dès les premières phases avec l'équipe de projet et les parties prenantes. Le projet devrait viser à appliquer les bonnes pratiques de conservation, selon les besoins des propriétaires et des utilisateurs, les ressources disponibles et d'autres facteurs comme la durabilité, l'accessibilité de la zone à conserver, les attentes en matière de durée de vie du bâtiment et des réparations, les systèmes de protection et les engagements eu égard à l'entretien futur.

1.3. Identifier les parties prenantes

Il est nécessaire d'identifier les parties prenantes pouvant avoir une incidence sur les résultats du projet et de définir leur rôle.

1.4. Identifier les exigences réglementaires

Les bâtiments et structures disposant d'un statut de protection peuvent avoir besoin de l'approbation de l'autorité compétente en matière de patrimoine ou de planification pour tout prélèvement, essai, sondage, fenêtre d'auscultation (ouverture exploratoire) ou autre tâche ayant lieu pendant la phase d'évaluation, et lors de la mise en œuvre, en plus des exigences réglementaires habituelles pour les projets de construction classiques. Outre les exigences réglementaires liées au patrimoine, il est primordial d'identifier les codes de la construction ainsi que les normes de sécurité et d'accessibilité en vigueur.

2. COMPRENDRE LE BÂTIMENT ET LES BESOINS DE CONSERVATION

L'efficacité de la conservation dépend directement des informations utilisées pour éclairer la prise de décisions. Conformément aux activités habituelles de conservation, le processus décrit ci-dessous permet de recueillir des informations sur la valeur culturelle du béton, ses caractéristiques physiques et son état. Les travaux d'évaluation technique devraient être guidés par les bonnes pratiques et les normes en vigueur dans le domaine de la réparation du béton ainsi que par les besoins spécifiques liés à la conservation.

2.1. Évaluer la valeur culturelle du bâtiment et la valeur du béton

Dans tous les projets de préservation, il est nécessaire de comprendre la valeur culturelle du bâtiment ou de la structure, les éléments (caractéristiques) contribuant à cette valeur, et le degré d'importance relatif desdits éléments. Comprendre la valeur est primordial pour élaborer des stratégies de conservation pertinentes qui tiennent compte des exigences techniques et des exigences liées à la conservation, et pour évaluer l'impact des travaux proposés sur la valeur du bâtiment.

Le béton peut contribuer à la valeur culturelle d'un bâtiment selon divers critères généralement utilisés pour évaluer le patrimoine. Il peut par exemple avoir une valeur historique en mettant en avant un aspect important de l'évolution des constructions ou en témoignant d'un événement historique, une valeur scientifique en illustrant les prouesses issues d'avancées technologiques, une valeur esthétique en sa qualité d'œuvre architecturale de premier ordre ou d'autres mérites utilisés pour définir la valeur culturelle (fig. 6a-c). L'évaluation de la valeur devrait également déterminer le niveau de contribution du béton par rapport à d'autres éléments ainsi que les caractéristiques spécifiques du béton qui contribuent à l'intérêt du site patrimonial.

Il est important de comprendre le contexte historique du bâtiment ou de la structure afin d'évaluer sa valeur culturelle. Cela peut permettre également de fournir des indices sur la composition, les caractéristiques et la méthode de fabrication du béton. C'est primordial pour l'évaluation technique qui suit, étant donné que les technologies liées au béton ont considérablement évolué au cours des XIXe et XXe siècles.

Les phases habituelles du processus d'évaluation de la valeur sont les suivantes:

1. Recueillir des éléments d'archives.
2. Recueillir des preuves matérielles par le biais de documents, de relevés et d'inspection visuelle.
3. Identifier les éléments clés (caractéristiques) du bâtiment à l'origine de sa valeur.
4. Rédiger une déclaration de valeur.
5. Déterminer dans quelle mesure le béton contribue à la valeur culturelle du bâtiment ou de la structure.
Le béton est-il un élément caractéristique? Par exemple, a-t-il une valeur historique, scientifique ou esthétique?



A



B



C

FIGURES 6A–C Les bâtiments en béton présentent de nombreuses qualités et sont généralement utilisés pour définir la valeur patrimoniale, par exemple: **(a)** des piquets de clôture barbelée en béton, Auschwitz, Oświęcim, Pologne, 1940–42, ont une valeur historique et contribuent au devoir de mémoire. Photo: Pimke, 2006, avec l'aimable autorisation de Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 Unported; **(b)** la Villa Hennebique, François Hennebique, Bourges-la-Reine, France, 1903, présente une valeur scientifique. Photo: Eurobas, 2009, avec l'aimable autorisation de Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 Unported; et **(c)** le Salk Institute for Biological Studies, Louis I. Kahn, La Jolla, Californie, 1965, a une valeur esthétique. Photo: Gail Ostergren, 2011, © J. Paul Getty Trust.

2.2. Évaluer le bâtiment: Évaluer l'état matériel et identifier les menaces/opportunités, les besoins des utilisateurs et des parties prenantes et les contraintes

L'élaboration d'une stratégie de conservation efficace repose sur une évaluation minutieuse du bâtiment. De nombreux facteurs ont une incidence sur les performances techniques d'une structure en béton, notamment la main-d'œuvre, la conception, le choix des matériaux, les facteurs environnementaux, l'utilisation et l'absence d'entretien. Il est donc primordial de comprendre les caractéristiques matérielles de la structure et d'identifier les menaces actuelles ou futures pour renforcer l'efficacité des stratégies de conservation. Il est tout aussi important de déterminer les facteurs externes qui influenceront la stratégie de conservation. Les besoins des utilisateurs, du propriétaire et d'autres parties prenantes concernées doivent également être identifiés. L'objectif est d'identifier l'ensemble des exigences relatives à l'élaboration d'une stratégie de conservation acceptable et durable qui respecte les critères techniques, les critères liés à la conservation et les critères des utilisateurs.

Il est primordial de respecter une méthodologie d'évaluation bien établie pour le béton (voir American Concrete Institute 2018, 2019; Comité européen de normalisation, 2004–17, partie 9). Si elles sont appliquées minutieusement, ces méthodologies peuvent également être utilisées pour les bâtiments en béton présentant une valeur culturelle.

2.2.1. Investigation préliminaire

L'investigation préliminaire devrait commencer par l'examen des documents disponibles et de l'historique du bâtiment, y compris ses utilisations précédentes, ses rénovations et les registres d'entretien.

Ensuite, l'équipe devrait définir l'environnement et ses effets sur le béton. Il convient de prendre en compte le climat local, l'exposition au soleil, les cycles de gel/dégel, le vent et la pluie pour chaque élément en béton, les niveaux de pollution, en particulier le CO₂ et les sulfates, l'exposition aux chlorures, comme les sels de déverglaçage ou la proximité avec l'océan, et d'autres contaminants qui pourraient entraîner une détérioration du béton.

Un examen visuel devrait être réalisé pour documenter et identifier l'état actuel ainsi que le degré de détérioration.

Dans certains cas, des évaluations de terrain non destructives et facilement disponibles peuvent être menées au cours de cette phase afin d'identifier les principales caractéristiques matérielles et de localiser des problèmes importants sous la surface, tels que les zones de délaminage, via des techniques acoustiques. Des matériaux instables ou tombés sur le site devraient être recueillis à des fins d'examen et pourraient potentiellement être utilisés pour des tests préliminaires.

L'analyse des résultats de l'investigation préliminaire devrait être suivie de l'élaboration d'une hypothèse faisant le lien entre la détérioration identifiée et des causes et facteurs potentiels.

Il convient alors d'évaluer si une investigation détaillée est nécessaire.

2.2.2. Investigation détaillée

Si nécessaire, une stratégie d'investigation détaillée devrait être proposée. Elle devrait concilier exigences de conservation et exigences techniques, tout en tenant compte de l'hypothèse élaborée et des ressources disponibles. Il faut donner la priorité à des techniques de diagnostic non destructives sur site. Les techniques d'investigation destructives devraient être utilisées pour confirmer les conclusions des techniques non destructives et pour recueillir d'autres informations essentielles qui ne peuvent être obtenues par le biais de techniques non destructives.

La mise en place d'un suivi pour identifier ou confirmer une détérioration active devrait être envisagée, cela pouvant en effet être une méthode efficace de détermination du taux de détérioration et du niveau d'intervention requis, conformément au principe de l'intervention minimum. Le suivi peut donc jouer un rôle important dans l'investigation et peut être une stratégie de conservation à part entière, utilisée pour identifier un point critique du processus de détérioration lorsque des actions de conservation sont nécessaires ou pour contrôler un facteur de risque.

La stratégie d'investigation détaillée proposée devrait être guidée par les connaissances sur la valeur de la structure, sa méthode de construction et son bien-fondé afin d'obtenir les meilleurs résultats d'investigation possible.

Le prélèvement pour les essais en laboratoire fournit des résultats optimaux lorsque la stratégie de prélèvement est élaborée en collaboration avec les professionnels qui analyseront les échantillons. La stratégie de prélèvement devrait avoir pour objectif de garantir des résultats fiables et utiles, tout en limitant les dommages et la perte du matériau d'origine autant que faire se peut.

La localisation des investigations destructives, comme les fenêtres d'auscultation et le prélèvement, doivent être représentatifs des matériaux et de l'état du bâtiment, et devraient passer inaperçus, si possible.

Pour le béton porteur, si l'utilisation/la charge est susceptible d'évoluer ou si des signes montrent que la structure porteuse ne fonctionne pas de façon adéquate, il convient de réaliser une évaluation structurelle pour déterminer la capacité structurelle du bâtiment, sa durée de vie résiduelle et la possibilité du maintien de son usage actuel ou de l'usage envisagé. Dans le cadre de l'évaluation structurelle, il convient de déterminer le degré d'intervention nécessaire pour que la structure respecte les exigences de performances.

L'analyse des résultats de l'investigation peut confirmer les mécanismes de détérioration menaçant les performances et la valeur du béton, et établir la nécessité d'effectuer des réparations ou un traitement. Ce processus pourrait également faire émerger la nécessité de réaliser des essais complémentaires.

2.2.3. Identifier les menaces et les opportunités

L'équipe devrait identifier les menaces et les opportunités pouvant avoir à l'avenir une incidence sur la valeur du béton. Parmi des exemples de menaces, on peut citer des facteurs pouvant déclencher ou aggraver la détérioration, tandis que les exemples d'opportunités comprennent des caractéristiques pouvant être étudiées afin d'aider à la conservation, comme une structure surdimensionnée qui peut porter une charge supérieure en toute sécurité. L'impact potentiel de ces menaces et opportunités sur la valeur culturelle devrait également être évalué pour aider à hiérarchiser les mesures de prévention ou à étudier davantage les opportunités.

2.2.4. Identifier les besoins des utilisateurs et des parties prenantes

Il est important d'évaluer l'impact potentiel des réponses aux besoins des parties prenantes sur la valeur culturelle du bâtiment. Cela peut faire apparaître des exigences qui devront faire l'objet de négociations pour minimiser l'impact. Par exemple, toute modification de l'utilisation du bâtiment ne devrait pas entraîner de modifications structurelles ayant une incidence négative sur sa valeur.

Les besoins des utilisateurs et des parties prenantes peuvent déboucher sur une investigation approfondie si, par exemple, des charges sont ajoutées à la structure.

2.2.5. Identifier les contraintes

L'élaboration d'une stratégie de conservation doit également prendre en compte les contraintes non techniques comme la disponibilité des ressources, des technologies et d'une main-d'œuvre qualifiée, l'accessibilité au site, et la nécessité de respecter les normes et politiques locales, telles que les restrictions environnementales sur l'utilisation de certains produits chimiques, et les organismes de réglementation concernés sur n'importe quelle partie des travaux.

2.2.6. Évaluation des résultats

Ensuite, il convient d'évaluer par une approche holistique l'incidence de ces facteurs sur la valeur du bâtiment et du béton, de hiérarchiser les besoins en tenant compte de l'urgence des actions requises et de l'incidence sur la valeur, et d'évaluer comment les facteurs identifiés contraignent les choix en matière de stratégie de conservation adéquate et réalisable. La collaboration entre experts pluridisciplinaires participant au projet profite grandement à ce processus, comme indiqué précédemment.

Les conclusions de l'évaluation devraient être incluses dans un rapport pouvant être utilisé comme base pour l'élaboration d'une stratégie de conservation visant à prendre en compte les besoins des utilisateurs/parties prenantes ainsi que les exigences techniques et de conservation.

3. ÉLABORER DES STRATÉGIES DE CONSERVATION

Les stratégies de conservation du béton devraient être élaborées en tenant compte des bonnes pratiques pour la **réparation**, le **traitement** et l'**entretien** du béton (voir le glossaire) et des exigences de conservation. Toutefois, dans certains cas, des incompatibilités peuvent apparaître. De ce fait, il convient de prendre les décisions en se fondant sur une bonne compréhension des compromis et de leurs conséquences à long terme.

Les processus et techniques établis ont été codifiés dans des guides et des normes pour la réparation et le traitement du béton, comme celles fournies par le *Concrete Repair Manual* (American Concrete Institute et International Concrete Repair Institute 2013), ACI 562-16 (American Concrete Institute 2018) et la norme européenne EN 1504 (Comité européen de normalisation 2014-17). D'autres pays ont leurs propres normes pour guider l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies de conservation pour les structures en béton, conjointement aux critères de conservation habituels.

Des options incluant plusieurs degrés d'intervention doivent être envisagées:

- a) Ne rien faire pendant un certain temps, mais assurer un suivi;
- b) Effectuer une nouvelle analyse de la capacité structurelle, entraînant potentiellement une limitation des fonctions;
- c) Prévenir ou réduire de nouvelles détériorations;
- d) Renforcer ou réparer et protéger une partie ou la totalité de la structure en béton;
- e) Reconstruire ou remplacer une partie ou la totalité de la structure en béton;
- f) Démolir une partie ou la totalité de la structure en béton. (Comité européen de normalisation 2004-17, partie 9, p. 9)

Le processus décisionnel devrait comparer les avantages et les risques potentiels par rapport à la valeur culturelle du bâtiment pour chacune des options susmentionnées et choisir celle qui parvient au meilleur équilibre entre les critères de conservation présentés à la page 21.

Des traitements préventifs pouvant arrêter ou ralentir les détériorations peuvent réduire ou retarder des réparations plus invasives. Pour le béton, cela peut revenir à appliquer des matières pénétrantes ou formant une pellicule en surface, ou utiliser des méthodes électrochimiques comme la protection cathodique. Comme pour les options de réparation, les avantages et inconvénients de chaque traitement doivent faire l'objet d'une évaluation minutieuse, conformément aux critères indiqués à la page 21.

3.1. Critères de conservation

Une stratégie efficace de conservation du béton devrait toujours avoir pour finalité d'optimiser la préservation de la valeur culturelle du bâtiment. La stratégie doit être adaptée aux exigences spécifiques de chaque projet et respecter les critères suivants, qui englobent les exigences techniques et de conservation:

- Traiter les causes de la détérioration en limitant ou en éliminant les facteurs qui y contribuent.
- Examiner la gravité et l'urgence d'une détérioration identifiée.
- Respecter les exigences techniques pour une réparation ou un traitement durable (attentes en matière de durée de vie de la structure et durabilité des réparations ou des traitements).
- Respecter les besoins des utilisateurs et des parties prenantes sans compromettre la valeur culturelle.
- Limiter les exigences en matière de charges supplémentaires qui peuvent avoir des conséquences structurelles ayant une incidence sur la valeur culturelle.
- Examiner la faisabilité de la mise en œuvre de la stratégie, par exemple la disponibilité des ressources, les travailleurs qualifiés, les contraintes locales sur les traitements chimiques, etc.
- Examiner les besoins en entretien de toute réparation ou traitement préventif choisi et s'assurer que des ressources suffisantes sont disponibles.
- Examiner la durabilité des matériaux et techniques proposés, du point de vue de l'efficacité à long terme et de l'impact environnemental.
- Limiter le risque d'impact négatif des travaux proposés sur la valeur du béton en effectuant les actions suivantes:
 - Adopter une approche prudente. Agir le moins possible et faire uniquement ce qui est nécessaire, en tenant compte des effets à long terme sur les performances techniques.
 - Choisir des matériaux et des méthodes de réparation compatibles en se fondant sur les investigations, des tests et des analyses des résultats pour garantir des réparations durables préservant la valeur du béton.
 - Lorsque la finition de surface du béton contribue à sa valeur, les réparations devraient s'approcher esthétiquement le plus possible de la finition d'origine. Les critères de sélection des matériaux de réparation devraient trouver un équilibre entre des facteurs comme les performances et la compatibilité esthétique (textures, couleurs et profil).
 - Les réparations ou les traitements préventifs ne devraient pas empêcher les futures investigations, réparations ou nouvelles applications desdits traitements.
 - Éviter d'utiliser des techniques et des matériaux expérimentaux, non soumis à des essais ou peu évalués. Lorsque peu d'options sont disponibles et qu'une nouvelle technique pourrait respecter les exigences de conservation, des essais sur le terrain et en laboratoire ainsi qu'un suivi devraient être réalisés pendant une période suffisante pour déterminer les effets à long terme de la technique avant toute application sur le béton présentant une valeur culturelle.
 - La réversibilité devrait constituer un objectif lorsque de nouveaux matériaux ou éléments doivent être ajoutés, mais uniquement dans la mesure du possible et si cela ne remet pas en cause la qualité de la solution.

3.2. Réaliser des essais, des épreuves de convenance et des tests sur les matériaux de réparation et de traitement

Dans le domaine de la conservation, le processus itératif de réalisation d'essais, d'épreuve de convenance et de réalisation de tests sur des matériaux de réparation et de traitement est crucial. Cela permet d'affiner les techniques et les matériaux de réparation et de traitement afin de garantir leur compatibilité et leur efficacité en matière de conservation et de performances, avant l'application sur le bâtiment ou la structure. Le processus devrait éclairer l'élaboration des documents liés à la construction.

Les essais et les épreuves de convenance devraient reproduire le plus fidèlement possible les conditions attendues durant les travaux sur site afin d'aider à déterminer si la réparation ou le traitement proposé respecte toutes les exigences définies pour le projet, par exemple si la réparation correspond à l'esthétique du béton d'origine et si le projet est rentable et réalisable avec les ressources disponibles. Si le calendrier le permet, les essais peuvent également montrer si les réparations vieilliront bien.

Des entrepreneurs compétents ou des restaurateurs ayant une expérience éprouvée devraient réaliser les essais et les épreuves de convenance pour contribuer à élaborer et affiner les techniques de conservation. Ce même niveau de compétence devrait être présent pendant la phase de mise en œuvre. Dans un premier temps, les essais et les épreuves de convenance devraient être réalisés de façon indépendante du bâtiment, avant d'effectuer les essais sur site.

Les essais en laboratoire et sur le terrain des matériaux de réparation et de traitement font généralement partie du processus et devraient être prévus lors de la phase de réalisation des épreuves de convenance. Les essais peuvent comprendre des essais sur les matériaux, la vérification de l'efficacité des traitements préventifs et l'adhérence des ragréages.

Une fois que les techniques et les matériaux qui pourraient être les plus appropriés ont été identifiés, les essais de convenance sur site peuvent aider à affiner ces techniques et à élaborer des protocoles et des réparations de référence, pouvant être utilisés pour éclairer le processus d'appel d'offres/marché public et les phases de mise en œuvre du projet. Les essais de convenance devraient être réalisés dans des emplacements peu visibles du bâtiment, tout en étant représentatifs des conditions habituelles. Dans certains cas, les essais et les épreuves de convenance sur site peuvent nécessiter un consentement réglementaire.

Chaque étape de cette phase de travail peut inclure autant d'itérations que nécessaire pour respecter les exigences définies pour le projet de conservation.

4. MISE EN ŒUVRE

Les travaux de conservation du béton incluant les réparations et l'application de traitements devraient être réalisés conformément aux normes techniques, telles que l'ACI 562-16 et la EN 1504, et aux recommandations semblables à celles présentées dans le *Concrete Repair Manual* de l'ACI, en incluant des considérations complémentaires pour répondre aux exigences liées à la conservation.

Une formation sur site pour les entrepreneurs devrait être assurée afin de définir les attentes et les niveaux d'exigences pour les travaux de conservation. De cette façon, il sera assuré une compréhension commune des exigences et du niveau de savoir-faire requis.

Un contrôle qualité de l'ensemble des phases de mise en œuvre est primordial. L'équipe devrait établir et mettre en œuvre un processus de contrôle qualité pendant les travaux, et notamment donner une définition claire des rôles et responsabilités pour faire respecter et superviser les niveaux de qualité des travaux. Il est également nécessaire de fournir des protocoles et des normes pour diverses méthodes de réparation et de traitement, d'effectuer régulièrement des inspections et de vérifier les nouveaux travaux à l'aune des critères convenus et des essais de convenance.

Les travaux de conservation devraient être documentés et un registre des travaux effectués devrait être fourni au propriétaire, registre qui comprendra notamment la stratégie de conservation, les matériaux utilisés, une cartographie de tous les ragréages et zones traitées, et des protocoles décrivant les méthodes des différents types de réparations et de traitements. C'est important pour les futures évaluations et travaux sur la structure.

5. ENTRETIEN ET SUIVI

Comme pour tout patrimoine bâti, un entretien et un suivi périodiques de l'état et des facteurs de risque concernant le béton sont primordiaux pour prolonger l'efficacité des travaux de conservation et maintenir le bâtiment en état. L'entretien et le suivi peuvent également être considérés comme des mesures de conservation et peuvent limiter la nécessité de recourir à des interventions de grande ampleur entraînant la perte des matériaux d'origine.

Les mesures de protection du béton d'origine et les réparations/traitements appliqués devraient être intégrés dans le plan d'entretien général du bâtiment. La bonne mise en œuvre d'un plan d'entretien nécessite un budget dédié, un accès adéquat au béton et du personnel d'entretien qualifié dont les rôles et responsabilités sont clairement identifiés.

Le plan d'entretien devrait inclure les éléments suivants:

- Des protocoles et des normes pour toutes les activités d'entretien périodiques, comme le nettoyage et les réparations mineures, indiquant les matériaux, les méthodes ainsi que les compétences nécessaires pour réaliser la tâche.
- Une liste préapprouvée de spécialistes tels que des consultants et des entrepreneurs disposant des connaissances, des compétences et de l'expérience requises pour l'entretien continu du site.
- Un système de relevé des activités d'entretien.

Le suivi devrait inclure les éléments suivants:

- Une inspection périodique des zones traitées/réparées et des parties environnantes afin de détecter, éventuellement, de nouvelles détériorations, des problèmes d'interaction entre le matériau de réparation et le substrat, et afin de déterminer si les attentes liées à la durée de vie des réparations et des traitements sont satisfaites.
- L'examen des facteurs de risque par rapport aux seuils d'alerte pour le lancement de mesures de prévention.

Remerciements

Pour leurs commentaires constructifs, nous tenons à remercier les pairs évaluateurs suivants:

Michael Balletta et John Drewett, CRL Restoration

Myriam Bouichou et Elisabeth Marie-Victoire, Laboratoire de recherche des monuments historiques

Véronique Bouteiller, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

Kelly Ciociola, Rosa Lowinger et Christina Varvi, RLA Conservation

Gina Crevello, Echem Consultants

Catherine Croft, Twentieth Century Society

David Farrell, Rowan Technologies

John Fidler, John Fidler Preservation Technology

Paul Gaudette et Ann Harrer, Wiss, Janney, Elstner Associates

Carsten Hermann, Historic Environment Scotland

Wessel de Jonge, WDJ Architects

Marjorie Lynch, Jensen Hughes

Arun Menon, Laboratoire d'ingénierie structurelle, Faculté d'ingénierie civile, Institut indien de technologie, Madras

Gabriel Pardo Redondo, Patrimoine et architecture, Faculté d'architecture et de l'environnement bâti, Université de technologie de Delft (TU Delft)

Stuart Tappin, Stand Consulting Engineers

John Walsh, Highbridge Materials Consulting

Simeon Wilkie, Getty Conservation Institute

Nous souhaitons remercier tout particulièrement les institutions suivantes pour les commentaires fournis par leurs membres:

Docomomo – International Specialist Committee on Technology (Docomomo ISC/T)

Conseil international des monuments et des sites – Comité scientifique international du patrimoine du XXe siècle

Nous voudrions remercier Jean Ducasse-Lapeyrusse pour son travail de révision des termes techniques présents dans la version française de cette publication.

Nous remercions également Juliette Raffaelli pour sa révision de l'édition française.

Glossaire

Approche artisanale. Caractérise des travaux réalisés avec un niveau élevé de compétences et d'expérience.

Béton armé. Du béton avec des armatures intégrées, généralement des barres, câbles ou treillis soudés d'acier, pour améliorer la résistance à la traction.

Béton. Un matériau composite de granulats de tailles et de formes différentes, généralement classés comme fins (sable) et grossiers (graviers), combiné à de la pâte de ciment (typiquement du ciment et de l'eau), qui sert de liant. Il peut contenir ou non des adjuvants et d'autres ajouts cimentaires, comme des cendres volantes, des laitiers de hauts-fourneaux et des fumées de silice. Voir également *béton armé*.

Ciment. Tout ensemble de matériaux pouvant constituer un liant, permettant d'agglomérer des granulats. Le ciment Portland est un ciment hydraulique produit par le broyage d'un matériau résultant de la calcination d'un mélange d'argile et de calcaire ou d'autres matériaux similaires.

Conservation. Un terme générique couvrant l'ensemble des processus qui permettent de traiter un site ou un bien pour en préserver l'importance, et la valeur culturelle. Ces mesures comprennent la réparation, la restauration, l'entretien et, dans certains cas, la reconstruction (ICOMOS Australie 2013).

Détérioration. La « manifestation physique de la défaillance d'un matériau (tel que fissure, délamination, effritement, piqûres, écaillage, épaufrure, tache/coloration) causée par des conditions de service ou une influence autogène interne. » (International Concrete Repair Institute 2015).

Entrepreneur. Une « personne ou entité sous contrat avec le propriétaire afin d'effectuer des réparations de la structure. » (International Concrete Repair Institute 2015).

Entretien. Les soins protecteurs et la maintenance continus et réguliers d'un bâtiment ou d'une structure.

Essais. Les procédures utilisant des équipements pour aider à comprendre les propriétés matérielles ou physiques de la structure en béton. Les essais et analyses non destructifs sont des méthodes qui n'ont pas d'incidence physique sur le béton.

Évaluation structurelle. « Le processus consistant à déterminer et à statuer sur l'adéquation structurelle d'une structure, d'un élément ou d'un système par rapport à son utilisation actuellement prévue ou ses objectifs de performances. » (American Concrete Institute 2018, 20).

Évaluation. Le processus visant à évaluer les besoins d'un bâtiment afin de définir la stratégie de conservation adéquate, qui peut inclure des mesures préventives, des réparations, une restauration et l'entretien du béton. L'évaluation comprend la détermination de l'état actuel du béton, l'identification des causes et de l'ampleur des détériorations, et l'identification des facteurs pouvant avoir une incidence sur le béton à l'avenir. Ce processus peut comprendre des essais sur le terrain et en laboratoire ainsi que des calculs d'ingénierie.

Patrimoine en béton. Utilisé pour décrire un bâtiment, une structure ou toute autre typologie en béton et considéré comme présentant une valeur culturelle.

Prélèvement. La prise sélective de matériaux (échantillons) afin d'effectuer des analyses et essais en laboratoire.

Réparer. Remettre en état après des dommages ou des détériorations. Cela peut comprendre la restauration, par exemple remplacer des éléments déchaussés à leur emplacement d'origine, et/ou la reconstruction, où les matériaux détériorés ou perdus sont remplacés par de nouveaux.

Restauration. L'action de ramener un bâtiment ou une structure dans sa forme et/ou son apparence antérieure.

Traitement. « L'application d'un produit chimique ou d'un processus visant à apporter une modification souhaitée. » (International Concrete Repair Institute 2015).

Valeur culturelle. La combinaison des valeurs culturelles d'un site (tant esthétiques, historiques, scientifiques que sociales ou spirituelles) pour les générations antérieures, actuelles et futures.

Références

- American Concrete Institute. 2018. *ACI 562-16: Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary, Reported by ACI Committee 562*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- . 2019. *364.1R-19: Guide for Assessment of Concrete Structures before Rehabilitation, Reported by ACI Committee 364*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute et International Concrete Repair Institute. 2013. *Concrete Repair Manual*. Farmington Hills, MI; Des Plaines, IL: American Concrete Institute et International Concrete Repair Institute.
- ICOMOS Australie. 2013. *La Charte de Burra: Charte d'ICOMOS Australie pour la conservation de lieux et des biens patrimoniaux de valeur culturelle, 2013*. Burwood, Victoria: ICOMOS Australie.
- Croft, Catherine, Susan Macdonald et Gail Ostergren, eds. 2019. *Concrete: Case Studies in Conservation Practice*. Los Angeles: Getty Publications.
- Custance-Baker, Alice, Gina Crevello, Susan Macdonald et Kyle C. Normandin. 2015. *Conserving Concrete Heritage: An Annotated Bibliography*. Los Angeles: Getty Conservation Institute. http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/concrete_biblio.pdf
- Emmons, Peter. 1993. *Concrete Repair and Maintenance Illustrated*. Kingston, MA: RM Means.
- Comité européen de normalisation. 2012. *EN 16096: Conservation des biens culturels: Évaluation et rapport sur l'état du patrimoine culturel bâti*. Bruxelles: Comité européen de normalisation.
- . 2004-17. *EN 1504: Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton: définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité, parties 1 à 10*. Bruxelles: Comité européen de normalisation.
- Gaudette, Paul et Deborah Slaton. 2007. *Preservation of Historic Concrete*. Preservation Briefs (15). Washington, DC: National Park Service, Heritage Preservation Services. <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/preservedocs/preservation-briefs/15Preserve-Brief-Concrete.pdf>
- International Concrete Repair Institute. 2015. *Concrete Repair Terminology*. St. Paul, MN: International Concrete Repair Institute. https://www.icri.org/page/terminology_A
- ICOMOS. 2003. *Charte d'ICOMOS: Principes pour l'analyse, la conservation et la restauration des structures du patrimoine architectural*. Paris: ICOMOS. https://www.icomos.org/charters/structures_f.pdf
- ICOMOS International Committee on Twentieth Century Heritage. 2017. *Approaches to the Conservation of Twentieth-Century Cultural Heritage – Madrid-New Delhi Document*. ICOMOS International Committee on Twentieth Century Heritage. <http://www.icomos-isc20c.org/pdf/madrid-new-delhi-document-2017.pdf>
- Macdonald, Susan, ed. 2003. *Concrete: Building Pathology*. Oxford: Blackwell Science.
- Odgers, David, ed. 2012. *Concrete: Practical Building Conservation*. Londres: Ashgate.
- Urquhart, Dennis. 2013. *Historic Concrete in Scotland*. Parts 1-3. Short Guide 5. Édimbourg: Historic Scotland. <https://www.historicenvironment.scot/archives-andresearch/publications/publication/?publicationid=c2a38944-eb81-44e8-bd5e-a59100fb611a>

CONSERVING MODERN ARCHITECTURE

Une initiative de
Getty Conservation Institute

Principes pour la conservation du béton présentant une valeur culturelle a été élaboré dans le cadre du projet de conservation du béton de l'initiative Préservation de l'architecture moderne (Conserving Modern Architecture Initiative, CMAI) du Getty Conservation Institute. Le projet de conservation du béton a pour objectif à long terme d'améliorer la conservation des bâtiments et structures en béton présentant une valeur culturelle. Pour obtenir plus d'informations sur la CMAI, consultez http://www.getty.com/conservation/our_projects/field_projects/cmai

Getty
Conservation
Institute

getty.edu/conservation