

Contact

Édition
thématique
**La stabilité
en phase
de chantier**



janv-févr
2022

P11. Reprise en sous-œuvre des fondations

P17. Évaluer la stabilité du gros-œuvre

P21. Réaliser des ouvertures dans les maçonneries

Sommaire

CSTC-Contact janvier-février 2022



04

Quelles charges prendre en compte lors de travaux de rénovation ?



15

Montage des maçonneries portantes : stabilité avant tout !



06

Veillez à la sécurité sur vos chantiers



17

Évaluer la stabilité du gros œuvre existant



08

Creuser : oui, mais en toute sécurité !



21

Comment réaliser des ouvertures dans les maçonneries existantes ?



11

Reprise en sous-œuvre de fondations existantes par rempiètement



26

Percement et renforcement d'un plancher : à quoi faut-il penser ?



13

Fondations et structures enterrées : des précautions s'imposent !



29

Quand la technologie peut sauver des vies...

Stabilité en phase d'exécution : évitons les mauvaises surprises



La stabilité fait partie des exigences fondamentales de tout ouvrage. Nous aborderons, dans ce CSTC-Contact thématique, non pas le calcul des constructions, mais bien les **mesures à prendre par l'entrepreneur pour garantir la stabilité d'un bâtiment, aussi bien au cours du chantier qu'à plus long terme**. S'il est obligatoire de faire appel à un architecte ou à un bureau d'études pour tous les travaux touchant à la stabilité de l'ouvrage (certains travaux de rénovation, par exemple), les mesures liées à l'exécution sont bien souvent du ressort de l'entrepreneur en charge du projet : celui-ci doit garantir la stabilité temporaire des maçonneries, des planchers, ... mais aussi des ouvrages temporaires tels que les étançons.

Nous nous pencherons plus particulièrement, dans cette édition, sur les petites et moyennes constructions, neuves ou en rénovation. Dans ce dernier cas, même si les travaux n'ont *a priori* pas d'influence directe sur la stabilité de l'ouvrage, des interventions telles que la **mise en œuvre de nouvelles finitions ou le remplacement d'une couverture de toiture** vont engendrer de nouvelles charges dont il faudra pourtant tenir compte.

Les **charges à considérer durant le chantier** sont décrites dans la norme NBN EN 1991-1-6 'Actions sur les structures. Actions en cours d'exécution'. Elles peuvent parfois être plus importantes pendant les travaux qu'après ceux-ci, alors que tous les éléments de la construction n'ont pas encore atteint leur résistance finale. De plus, la stabilité de certains éléments peut dépendre d'autres éléments pas toujours présents en phase d'exécution. C'est le cas, par exemple, des maçonneries de façade pour lesquelles les planchers constituent des appuis indispensables. L'article de la page 4 aborde ce sujet.

De la page 8 à la page 14, le lecteur trouvera des recommandations pratiques pour l'exécution des **travaux de fondations**. Il y est notamment question des fouilles ou des reprises en sous-œuvre, mais aussi de la stabilité des murs de cave lors de travaux de remblayage.

La **stabilité des maçonneries** doit évidemment retenir toute l'attention de l'entrepreneur, que ce soit pour éviter des déformations excessives ou pour garantir la sécurité des ouvriers. On vous en parle en page 15. Quant aux **éléments temporaires** comme les étançons, ils sont traités dans l'article de la page 6.

Nous nous pencherons sur les
petites et moyennes constructions,
neuves ou en rénovation.

Nous nous concentrerons également sur les travaux de rénovation, en commençant par l'**examen des éléments existants**. L'article de la page 17 donne quelques indications et directives pratiques permettant de savoir si un ouvrage doit être renforcé. La tendance actuelle est à l'épure des lignes architecturales et à l'agrandissement des espaces. On souhaite **supprimer des maçonneries ou créer de grandes ouvertures**. Outre une influence directe sur la paroi concernée, cette pratique peut avoir des conséquences néfastes sur la stabilité d'ensemble du bâtiment. L'article de la page 21 traite de la spécificité de ces travaux. Les points d'attention liés aux **planchers** (création d'ouvertures, de réservations, ...) sont, quant à eux, traités en page 26.

Nous espérons que vous découvrirez avec intérêt cette édition thématique que nous avons préparée avec enthousiasme et conviction.

Noël Huybrechts,
chef de la division 'Géotechnique, structures et béton'

Quelles charges prendre en compte lors de travaux de rénovation ?

La rénovation structurale de petites et moyennes constructions entraîne diverses charges, que ce soit lors de la démolition, de l'exécution des travaux ou de l'utilisation finale du bâtiment rénové. Quelles sont ces charges et quelles précautions prendre à leur égard ?

N. Depauw, ing., chercheuse aux laboratoires 'Géotechnique et monitoring' et 'Structures et systèmes de construction', CSTC
A. Skowron, ir., chef du laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

Avant d'entamer des travaux ayant un impact sur la structure portante du bâtiment, il est important :

- de connaître la composition de ce dernier (matériaux, section des éléments porteurs, portée des planchers, ...)
- de s'assurer de sa capacité à reprendre les charges.

Si aucun document n'est disponible à cet égard (plans ou notes de calcul), l'architecte procédera à un relevé sur place.



1

Étançonnement mis en place pour la réalisation d'une baie.

La rénovation peut être scindée en trois phases :

- la phase de **démolition**
- la phase d'**exécution des travaux**
- la phase d'**utilisation finale** du bâtiment.

Pour chaque phase, le bureau d'études veillera à la stabilité des éléments porteurs.

Le phasage des travaux détermine le planning des diverses tâches à effectuer (installation des étaçons, par exemple; voir figure 1). Différents types de charges doivent être pris en compte lors des différentes phases pour garantir la stabilité des éléments porteurs et limiter leurs déformations.

Charges permanentes

Par charges permanentes, on entend : le **poids propre** des éléments porteurs et non porteurs (finitions, cloisons légères fixes, plafonds suspendus, ...) ainsi que des équipements fixes (chaudières, ...). Si l'on souhaite poser de nouvelles finitions lors de la rénovation, il faut contrôler la structure portante concernée en tenant compte des nouvelles charges. Par exemple, si l'on remplace les ardoises d'une toiture inclinée par des tuiles, la charge permanente induite par cette nouvelle finition peut être doublée.

Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation dépendent de l'**usage futur** du plancher ou de la toiture après rénovation. L'Eurocode 1 renseigne les valeurs de charges en fonction de la catégorie d'usage de chaque élément. Attention : le poids propre des cloisons mobiles est considéré comme une charge d'exploitation surfacique.

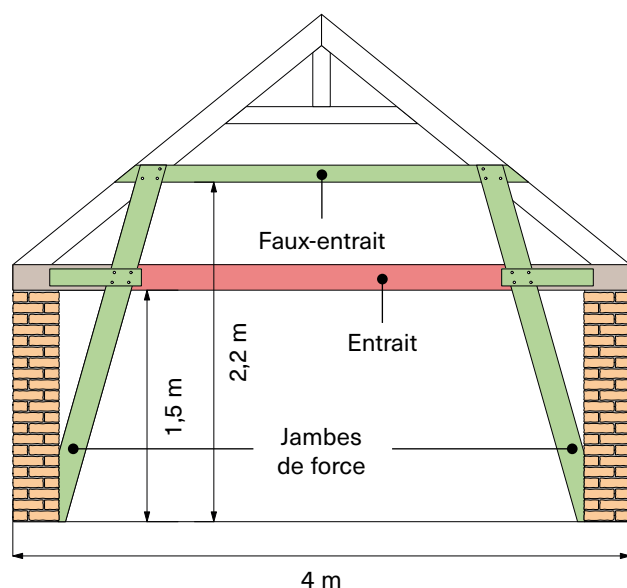


2 Accumulation de neige au pied des lucarnes.

Il arrive que l'affectation d'un bâtiment change après sa rénovation. Un immeuble d'habitation peut être transformé en immeuble de bureaux, par exemple. Dans ce cas, la valeur des charges d'exploitation est augmentée de 50 %.

Charges en cours d'exécution

Durant la phase des travaux, les ouvriers, les outils, les machines lourdes ou encore les déchets sont considérés comme des charges variables (au même titre que les charges d'exploitation). Dans certains cas, **celles-ci peuvent s'avérer plus importantes que les charges exercées durant la phase d'utilisation finale du bâtiment.** Elles ne doivent donc pas être négligées, d'autant plus si l'architecte et/ou l'entrepreneur doute de la stabilité de la construction ou d'un élément porteur. Durant cette phase, il



est conseillé de stocker les machines lourdes et les déchets éventuels (gravats, briquillons, plaques de plâtre, ...) à proximité des appuis, afin de limiter la déformation du plancher. Si le plancher n'est pas en mesure de reprendre les charges, il est nécessaire de l'étaçonner.

Charges de vent et de neige

Les charges de neige sont des charges verticales ayant un impact direct sur le dimensionnement de la toiture. Dans le cas spécifique de l'extension d'un bâtiment existant, on dimensionnera les éléments de toiture en considérant une accumulation de neige plus importante sur la partie de la toiture la plus basse. Lorsque la neige s'accumule au pied des lucarnes en partie basse d'une toiture (voir figure 2 ci-contre), la charge exercée à cet endroit peut être au moins deux fois plus élevée que sur le reste de la toiture.

Les charges de vent sont des charges horizontales reprises par les façades, d'une part, et par la charpente de toiture et les planchers, d'autre part.

Dans le cas d'une modification structurale de la charpente, il faut veiller à ce que la nouvelle descente de charges, c'est-à-dire la façon dont les charges se répartissent dans une structure, n'excède pas la capacité de certains éléments porteurs qui n'ont pas été dimensionnés pour supporter de telles contraintes à l'origine. Par exemple, lors d'un aménagement de combles en surface habitable, on pourrait être tenté de supprimer les entrains d'origine des fermes de toiture (voir figure 3 ci-dessous). En pareille situation, il faut s'assurer de la présence d'une poutre de ceinture capable de reprendre les poussées horizontales. À défaut, on prévoira de transférer les charges via de nouveaux éléments porteurs, tels que de faux-entrains et/ou des jambes de force.

La même réflexion doit être adoptée pour les murs. Ainsi, on veillera à ce que la suppression d'un pan de mur ou la création d'une ouverture dans celui-ci n'engendre pas d'instabilité pour la reprise au vent. La démolition d'un mur de refend nécessitera une attention plus particulière. D'une manière générale, on évitera de supprimer un mur de refend qui rigidifie un pan de mur de plus de 8 m de longueur, trop flexible pour reprendre seul les efforts de vent perpendiculaires à son plan. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Eurocodes structuraux'. Une nouvelle version des Eurocodes est en cours de préparation. Les versions définitives de tous les Eurocodes seront publiées en 2027. Les versions actuelles seront révoquées en 2028.

3 Suppression d'un entrain d'une ferme de toiture et renforcement par l'ajout d'un faux-entrain et de jambes de force.

Veillez à la sécurité sur vos chantiers

La sécurité des travailleurs sur chantier, en particulier lors de travaux de transformation ou de rénovation, nécessite fréquemment la mise en place de dispositifs provisoires de stabilisation (étalement, stabilisation générale) et de protection (garde-corps, échafaudages). Le présent article rappelle quelques obligations issues des normes en vigueur et fournit quelques conseils pratiques pour leur mise en œuvre.

J.-F. Rondeaux, dr. ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

Un **étiement localisé** est le plus souvent nécessaire :

- pour soulager provisoirement des planchers ou autres éléments porteurs et éviter de générer des déformations (flèches) excessives
- pour reprendre des charges importantes liées à l'exécution des travaux ou au stockage temporaire de matériaux
- pour permettre des travaux de démolition localisés qui modifient la descente de charge dans les maçonneries et les ouvrages porteurs existants (voir l'article de la page 21).

Dans le cas de constructions simples (*), on mettra en œuvre un étalement approprié aux charges à reprendre (voir l'article de la page 4). Il s'agira généralement d'un ensemble d'**étais télescopiques réglables en acier** dont la capacité portante individuelle est définie en fonction, notamment, de leur longueur d'extension maximale (voir norme NBN EN 1065). À titre d'exemple, pour une dalle de béton de 20 cm d'épaisseur coulée *in situ*, on pourra prévoir des rangées d'étais de classe A40. Ces rangées seront alors espacées d'environ 1,5 m et l'écart entre les étais sera de 1 m au sein de chaque rangée.

Par ailleurs, on veillera tout particulièrement à la **stabilité du support des étais**. Dès lors, si le support est constitué de pièces de bois superposées, ces pièces devront être de plus en plus larges du sommet à la base. Elles seront indissociables les unes des autres de sorte que la structure ainsi formée soit stable.

Il est également essentiel que les charges véhiculées par les étais soient **correctement transférées vers les supports prévus** (sous-structure spécifique, sol indéformable,

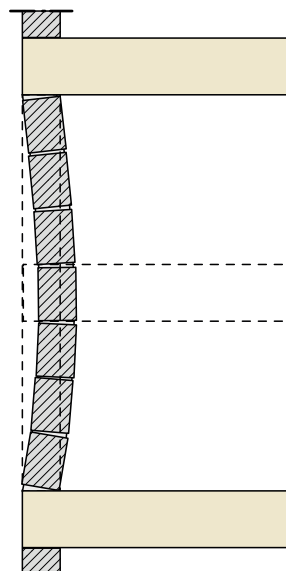
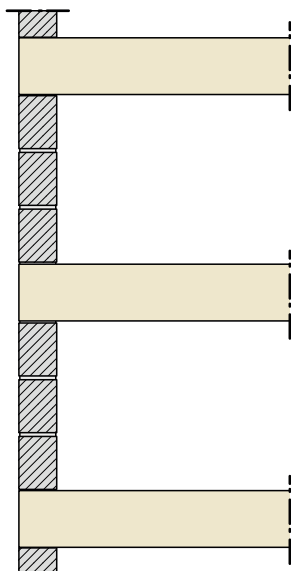
fondations, ...). Ainsi, les étais se superposeront d'étage en étage pour éviter de solliciter des planchers ou des dalles intermédiaires. En cas de décalage d'une file d'étais ou de réduction du nombre d'étais par file, il est possible de recourir à des lisses de redistribution. Celles-ci devront être suffisamment rigides (profilés en acier, par exemple), afin de ne pas poinçonner le plancher.

L'étalement sera installé dans sa totalité, sur tous les étages, et ajusté avant le début des travaux de stabilisation, de remplacement ou de construction. Lorsque ceux-ci seront terminés et que l'on s'est assuré de la capacité portante de l'ouvrage, les étais seront retirés de haut en bas.

Pour la stabilisation d'ouvrages de plus grande ampleur, un bureau d'études spécialisé effectuera un calcul structural complet.

En cas de travaux de démolition ou de transformation, un **étalement général des structures à maintenir** – typiquement des maçonneries – s'avère souvent nécessaire pour garantir la bonne tenue de l'ensemble de l'édifice durant les travaux. En effet, une fois certaines parties du bâtiment démolies, les façades (éventuellement classées) ou les murs mitoyens de l'édifice peuvent se trouver isolés et en situation d'instabilité potentielle en raison de la disparition provisoire des éléments de refend. Si l'on démolit un plancher intermédiaire, par exemple, la hauteur libre (hauteur entre deux planchers successifs) du mur de la façade ou du mur pignon se voit doublée (voir figure 1 à la page suivante). Le mur est alors environ quatre fois plus sensible au flambage et environ seize fois plus déformable

(*) Constructions constituées de dalles pleines d'une épaisseur inférieure à 30 cm, de poutres d'une section inférieure à 0,5 x 1 m, d'une portée inférieure à 6 m et situées à moins de 3,5 m de hauteur.



1 Instabilité potentielle d'une façade lors de la suppression d'un plancher de refend.



2 Stabilisation d'un mur mitoyen à l'aide de profilés métalliques ancrés dans les façades attenantes.

sous l'action du vent. On assurera un étauçonnement à l'aide de **profilés métalliques** (poutrelles UPN, épingles; voir figure 2) ancrés dans les murs transversaux ou les planchers existants s'ils sont suffisamment rigides. Lorsque ceux-ci sont inexistantes ou ne peuvent être utilisés comme éléments porteurs, d'autres solutions spécifiques sont envisageables (structure triangulée externe, éventuellement lestée, tripodes métalliques, tours d'étalement, ...). Vu les risques matériels et humains encourus, il est recommandé de faire appel à un bureau d'études ou à une entreprise spécialisée en cas de travaux de grande ampleur.

La sécurité des travailleurs sur le chantier est également assurée par la **mise en place et l'utilisation correctes d'échafaudages et de garde-corps temporaires**. Ces dispositifs sont imposés par le Règlement général pour la protection du travail lorsque la hauteur de travail dépasse 2 m. L'utilisation d'équipement pour des travaux temporaires en hauteur est régie par l'Arrêté royal du 31 août 2005.

Des études récemment menées par le CSTC ont révélé que les attaches permettant de maintenir le parement en briques à la maçonnerie portante étaient particulièrement sensibles au flambage. Le parement peut alors s'avérer instable lorsqu'il est sollicité par des échafaudages ou des garde-corps. Il est donc préférable d'ancrer ces derniers directement dans les parois porteuses ou dans des éléments en béton. Il convient également de respecter les recommandations des fabricants, notamment en ce qui concerne la longueur d'ancrage dans la maçonnerie. Enfin, les conditions de prise du mortier (température, humidité, durée) influencent de manière non négligeable la stabilité de la maçonnerie. ◆

Creuser : oui, mais en toute sécurité !

Dans le cadre de projets de construction d'habitations, l'exécution des fouilles et tranchées provisoires est parfois considérée à tort comme une opération de moindre importance. Malgré le fait que ces travaux soient extrêmement courants, ils peuvent malheureusement être à l'origine d'effondrements, sinistres potentiellement graves et coûteux.

N. Denies, dr. ir., chef adjoint du laboratoire 'Géotechnique et monitoring', CSTC
N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

Exécuter des fouilles consiste à excaver le sol pour réaliser des fondations, des caves, des garages, des parkings souterrains ou pour poser des conduites enterrées. En fonction de la profondeur d'excavation et de l'environnement immédiat du chantier, on optera :

- soit pour des **fouilles ouvertes par talutage**
- soit pour un **écran vertical de soutènement**.

Dans un cas comme dans l'autre, on veillera à vérifier la profondeur de la ou des nappes d'eau et, si nécessaire, on procédera à un rabattement. L'absence de conduites et de

câbles souterrains dans la zone des travaux sera également vérifiée via le site Internet du CICC (<https://klim-cicc.be>).

Pentes minimales des talus

Lorsque l'on dispose de la place suffisante, on choisira souvent de réaliser une excavation en fouille ouverte (voir figure 1). On se reportera alors aux principes relatifs à l'exécution des fouilles décrits dans le [Dossier du CSTC 2006/3.1](#), notamment en ce qui concerne les pentes minimales des talus à adopter en fonction des caractéristiques du sol. Ce Dossier présente **deux manières de déduire l'inclinaison des pentes sans blindage** :

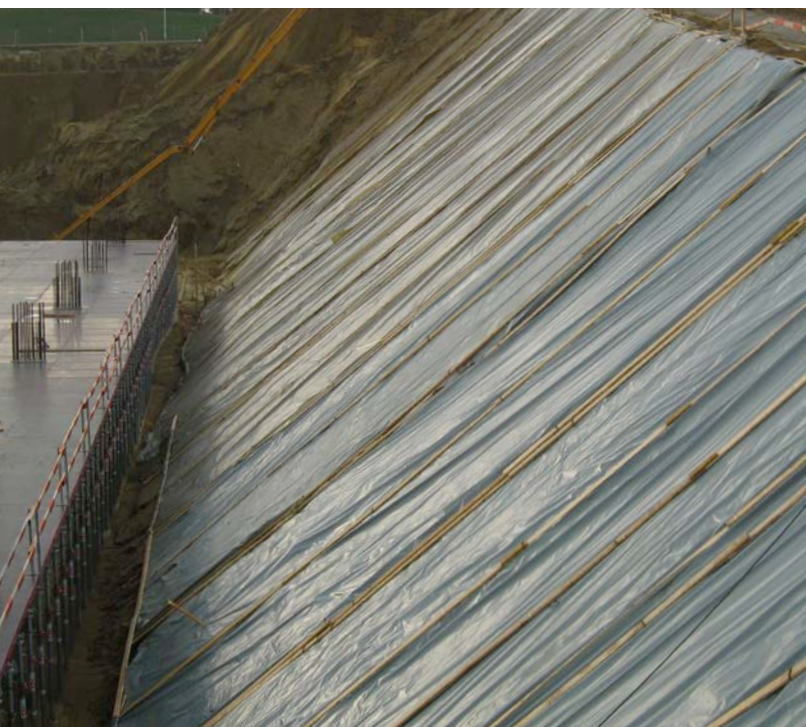
- la première fait appel à différentes règles empiriques basées sur le type de sol, la profondeur de la fouille et sa durée d'ouverture, afin de déduire directement des inclinaisons admissibles (par exemple, voir tableau A à la page suivante)
- la seconde implique un calcul de stabilité des pentes conforme à l'Eurocode 7.

La première approche est principalement appliquée en cas de fouilles de petite taille situées à l'écart de fondations existantes, de murs (de jardin) ou de constructions situées dans la zone d'influence. On accordera une attention particulière à la **sécurité des personnes qui travaillent dans la fouille**, en évitant les situations dangereuses.

Mesures préventives

On adoptera des mesures préventives lors des travaux de talutage. Il s'agira, entre autres :

- de s'assurer, au démarrage et pendant toute la durée des travaux d'excavation, que la nature du sol en place correspond à celle attendue
- de protéger les talus contre les intempéries au moyen de bâches en plastique, par exemple (voir figure 1). En effet, la pluie est le pire ennemi des talus, puisque l'eau



1

Fouille ouverte : bâchage d'un talus pour le protéger des intempéries.

A Penthes minimales des talus selon les caractéristiques du sol (règles empiriques valables pour des tranchées d'une profondeur inférieure à 4 m) (tableau issu du [Dossier du CSTC 2006/3.1](#)).

Type de sol	Caractéristiques	Pentes minimales	
		Terrain non remanié, à faible profondeur et pour une courte durée	Terrain légèrement remanié, profondeur plus importante, durée plus longue
Sable	• Sèche rapidement sur la paume de la main. • Frotté entre les doigts, le sable est rugueux et les grains se distinguent nettement. • Un agglomérat de sable se disloque sans effort et se désagrège immédiatement lorsqu'il est plongé dans l'eau.	En l'absence de blindage : pente 3/4 (≈ 55° par rapport à l'horizontale)	En l'absence de blindage : pente 4/4 (≈ 45° par rapport à l'horizontale)
		En cas de parois verticales : blindage continu et fortement étançonné	
Limon	• S'humidifie lentement et sèche lentement sur la paume de la main. • Frotté entre les doigts, le limon est moins rugueux que le sable et quelques grains peuvent être visibles. • Un agglomérat de limon peut être écrasé entre les doigts et se disloque lentement lorsqu'il est plongé dans l'eau.	En l'absence de blindage : pente 3/4 (≈ 55° par rapport à l'horizontale)	En l'absence de blindage : pente 4/4 (≈ 45° par rapport à l'horizontale)
		En cas de parois verticales : le blindage peut être discontinu	
Argile compacte	• Ne s'humidifie pas et ne sèche que très lentement. • Frottée entre les doigts, l'argile est douce et grasse; on ne distingue aucun grain. • Un agglomérat d'argile est dur et se coupe sans se disloquer; il ne se disloque pratiquement pas lorsqu'il est plongé dans l'eau.	En l'absence de blindage : pente 2/4 (≈ 65° par rapport à l'horizontale)	En l'absence de blindage : pente 3/4 (≈ 55° par rapport à l'horizontale)
		Un blindage vertical espacé peut être employé.	
• Les indications données sont valables pour des sols peu ou pas remaniés, lorsque la fouille ne traverse qu'un seul type de sol. En présence d'eau, de surcharges sur le bord de la fouille ou de profondeurs de tranchées supérieures à 4 m, une étude spécifique devra être réalisée. • La cohésion apparente est prise en compte dans le sable pour des pentes 4/4 ou plus raides (valable uniquement pour des talus provisoires). • Pour les pentes les plus raides, une largeur minimale de fouille doit être respectée pour assurer la sécurité des personnes qui y travaillent.			

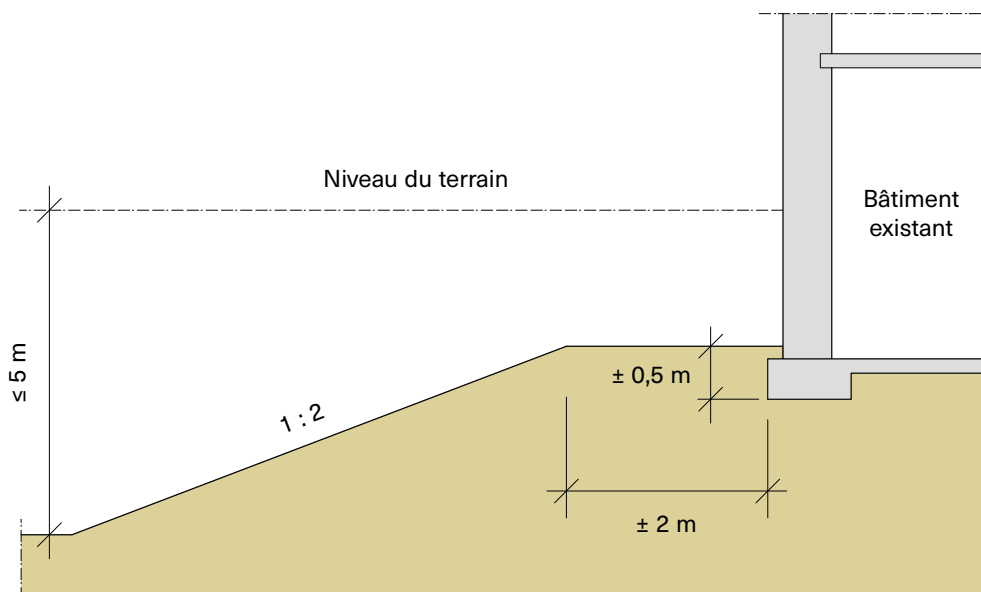
en diminue la stabilité

- d'éviter l'accumulation d'eau au pied des pentes, éventuellement par la mise en place d'un système de drainage pouvant, si nécessaire, être équipé de pompes
- d'éviter, en tête de talus et au bord de l'excavation, les charges dues à la présence de véhicules, de matériel, de matériaux ou de terre excavée
- d'éviter le passage de charrois lourds à proximité de la fouille (surcharge, vibrations, ...)
- de limiter la durée de l'excavation.

De manière générale, on se prémunira toujours contre les venues d'eau, y compris souterraines.

Influence des travaux d'excavation sur les bâtiments existants

On analysera également l'influence des travaux d'excavation sur l'environnement immédiat du chantier. L'excavation de terre le long de fondations existantes peu profondes réduit considérablement leur capacité portante et provoque des tassements. Pour des bâtiments de maximum trois étages satisfaisant aux exigences actuelles de sécurité, on considère que l'on peut excaver la terre à côté de fondations existantes de manière temporaire, mais qu'il doit rester **en permanence 50 cm de terre au-dessus du niveau d'assise**



2 La zone beige correspond à la zone pour laquelle, une étude géotechnique est nécessaire si l'on souhaite creuser en s'assurant de la stabilité de la fondation superficielle existante.

de celles-ci (voir figure 2). Creuser dans la zone beige n'est permis que si des calculs de stabilité démontrent que la capacité portante des fondations existantes est assurée selon l'exigence de sécurité normale.

En cas d'excavation à proximité d'une construction existante, il sera souvent nécessaire d'en renforcer les fondations par le biais d'une reprise en sous-œuvre (voir l'article à la page suivante). 

Écran vertical de soutènement

On prévoira un écran vertical de soutènement :

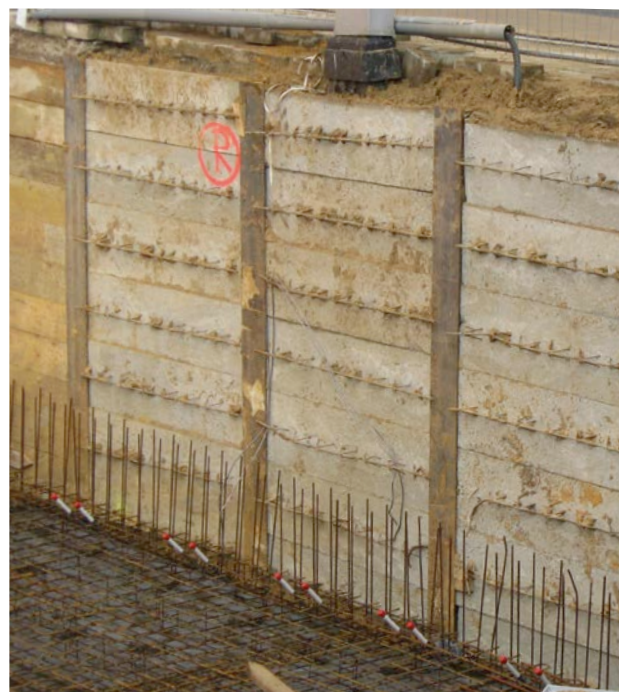
- lorsqu'il y a trop peu de place pour taluter
- afin de limiter le volume de terre excavée et déplacée
- pour limiter l'influence du rabattement d'une nappe
- pour excaver la terre le long de constructions existantes.

Dans certains cas, la paroi de soutènement est utilisée comme coffrage extérieur d'un mur de cave (voir figure 3).

Choix de la technique

Les techniques d'exécution étant diverses (parois berlinoises, palplanches, ...), **on choisira l'une d'elles en se basant sur des considérations économiques et techniques** (présence d'une nappe, fonction d'étanchéité de la paroi, profondeur d'excavation à atteindre, capacité portante requise, travaux le long de fondations existantes, bâtiments sensibles aux vibrations à proximité, ...). La technique des parois berlinoises, par exemple, n'est pas applicable à proximité des fondations superficielles d'un bâtiment existant.

En cas d'application du principe de l'excavation de tranchées à la verticale, il y a lieu d'utiliser un étançonnage, un blindage ou un rideau de palplanches lorsque la profondeur du puits ou de la tranchée est égale ou supérieure à 1,2 m.



3 Les parois berlinoises sont régulièrement utilisées comme coffrage extérieur d'un mur de cave.

Reprise en sous-œuvre de fondations existantes par rempiètement

Réalisé pour approfondir des fondations existantes, le rempiètement est une méthode de reprise en sous-œuvre simple et abordable. Hélas, on accorde généralement peu d'attention au dimensionnement des rempiètements, ce qui entraîne de nombreuses prises de risques en matière de stabilité de la construction existante et de sécurité des travailleurs.

N. Denies, dr. ir., chef adjoint du laboratoire 'Géotechnique et monitoring', CSTC
N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

Approfondir des fondations existantes peut s'avérer nécessaire dans différentes situations :

- **lorsqu'une construction enterrée est réalisée à côté des fondations existantes** et que la reprise en sous-œuvre doit assurer leur stabilité de manière temporaire et/ou permanente, mais qu'elle doit aussi faire office de soutènement de la terre sous les fondations existantes durant la réalisation de l'ouvrage enterré adjacent
- lors d'un projet de rénovation, **lorsque l'on constate dans le bâtiment une fissuration critique** due à des problèmes de mouvements du sol (tassement ou gonflement)
- lors d'une extension, **lorsque des étages sont ajoutés au bâtiment existant au-dessus ou en dessous du niveau du sol** (pour créer de nouvelles caves ou augmenter la hauteur des caves existantes, par exemple) et que la capacité portante des fondations doit être renforcée.

Techniques de reprise en sous-œuvre

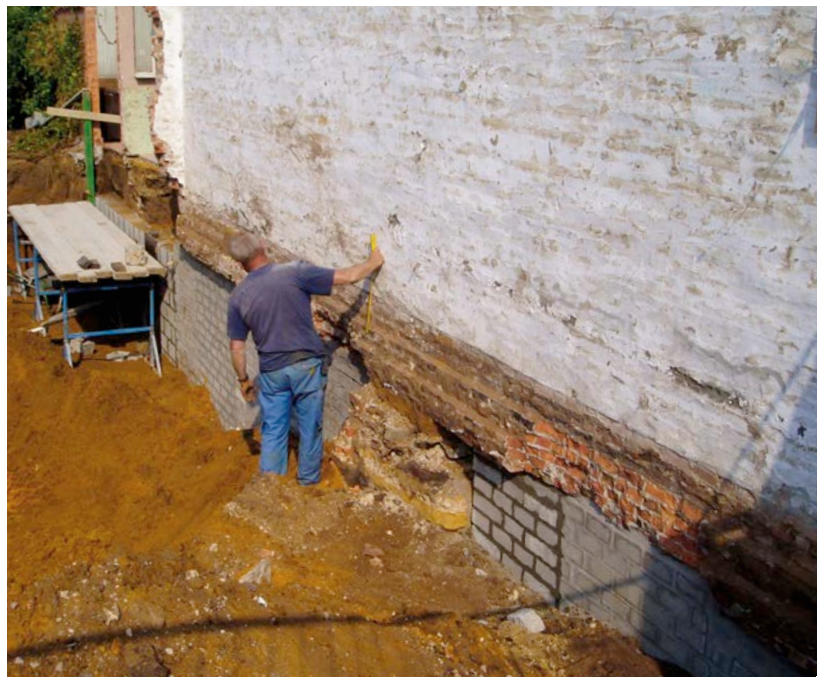
On distingue habituellement deux techniques classiques de reprise en sous-œuvre, à savoir :

- le rempiètement
- les fouilles blindées.

Les exigences liées à ces techniques sont respectivement décrites dans les [Infofiches 72.1](#) et [72.2](#). Le rempiètement est réservé aux profondeurs se limitant à 1,2 m sous l'assise des fondations. Il est habituellement réalisé à l'aide d'une maçonnerie en blocs de béton ordinaire. Au-delà de 1,2 m de profondeur, on optera pour des fouilles blindées en béton armé. D'autres techniques sont également envisageables : le renforcement par injection de résine (de type PU, par exemple), les vis de fondation préfabriquées en acier, les micropieux ou encore le *jet grouting*.

Toutes ces solutions comportent des avantages et des inconvénients qu'il conviendra d'**analyser au préalable avec un spécialiste en la matière**. Le mode de reprise en

sous-œuvre sera notamment sélectionné en tenant compte du sol en place. Bien que le choix soit tout d'abord basé sur l'analyse des résultats d'essais de pénétration, l'excavation d'un puits d'observation (même de dimension réduite) peut également fournir des informations pratiques supplémentaires concernant la nature du sol. Selon que ce dernier est argileux ou sableux, on pourra directement choisir ou exclure certaines techniques. Dans le cas d'un rempiè-



1 Reprise en sous-œuvre de fondations existantes par rempiètement.

tement, par exemple, le sol doit présenter une **cohésion temporaire minimale**, de sorte que l'on puisse excaver sans que les terres ne s'ameublissent ou ne s'effondrent sur la hauteur excavée. Ainsi, lorsque le sol n'a aucune cohésion, il est impératif de prévoir un blindage. Le mode de reprise en sous-œuvre sera choisi en considérant la situation existante (type, profondeur et état des fondations existantes, présence de baies vitrées ou d'ouvertures importantes dans le mur à reprendre, ...).

Dimensionnement du rempiètement et points d'attention

Très fréquent lorsqu'il s'agit de renforcer les fondations de maison, le rempiètement – malgré sa profondeur réduite – doit faire l'objet d'un dimensionnement géotechnique. La capacité portante des nouvelles fondations sera vérifiée au moyen d'**essais de pénétration** statiques CPT. Si, pour des raisons d'accessibilité, l'exécution de ces essais n'est pas possible, on pourra s'appuyer, de manière qualitative, sur des essais de pénétration dynamiques légers (de type PANDA, par exemple).

Une **redistribution des charges** dans les fondations et les murs de l'habitation doit en outre pouvoir s'opérer lors de l'exécution de la reprise en sous-œuvre.

Il faut en outre déterminer le **niveau de la ou des nappes d'eau**. En effet, le rempiètement ne peut pas être effectué sous le niveau de la nappe. Il n'est réalisable que si le niveau de la nappe se trouve au moins 50 cm en dessous du niveau de l'excavation à réaliser, éventuellement après rabattement. Une venue d'eau dans la tranchée entraînerait

des conséquences dramatiques tant pour la sécurité des travailleurs (qui doit être garantie durant chaque phase des travaux) que pour la stabilité des fondations existantes.

L'**absence d'impétrants** (conduites et câbles souterrains) dans la zone des travaux sera également vérifiée via le site Internet du CICC (<https://klim-cicc.be>).

On veillera à la stabilité du bâtiment existant pendant et après les travaux. Comme expliqué dans l'**Infofiche 72.1**, le rempiètement sera réalisé selon un phasage précis, à savoir par bandes d'une largeur limitée et non en une seule opération.

Le rempiètement d'un **mur mitoyen** demande une attention particulière et soulève quelques questions :

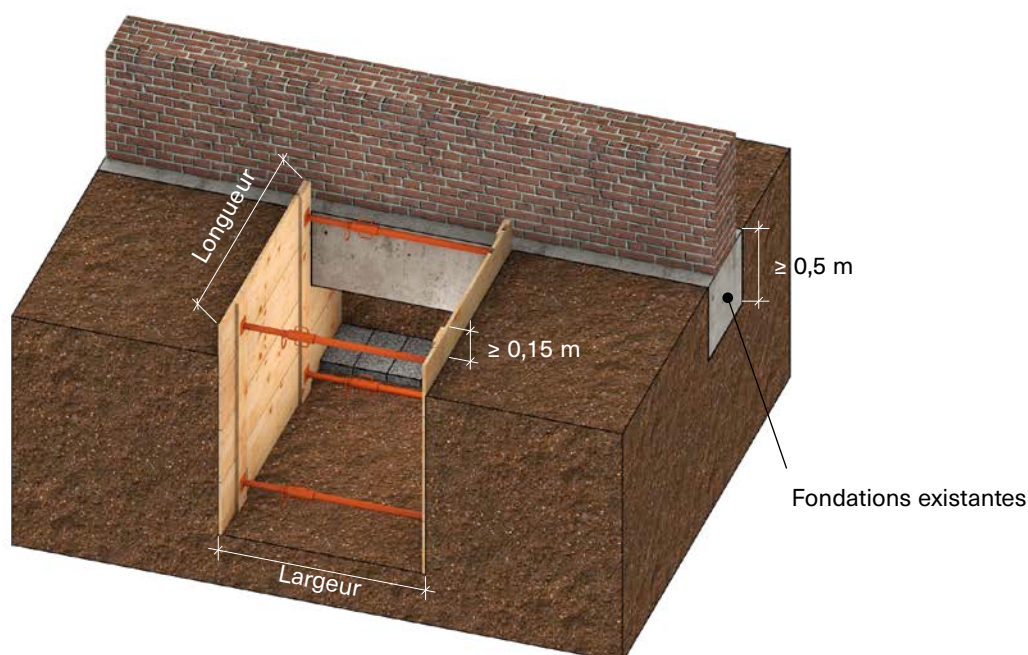
- quel est l'état du mur ?
- faut-il tenir compte de certaines charges ponctuelles sur le mur ?

S'il y a un doute, il sera souvent nécessaire d'utiliser des ancrages ou des étais pour stabiliser un mur existant. C'est généralement le cas lorsqu'il y a des fenêtres ou de grandes ouvertures dans le mur.

Les risques liés au rempiètement sont encore plus importants lorsqu'une construction enterrée est réalisée à côté de fondations existantes (risques de dégâts causés aux tiers). Dans ce cas, au-delà de la capacité portante du rempiètement et de la redistribution des charges, il faudra aussi vérifier l'équilibre des forces horizontales et calculer la profondeur minimale de la fiche (enfoncement de la paroi par rapport au futur niveau d'excavation). Pour ce faire, on fera appel à un bureau d'études, à un ingénieur en stabilité ou à un géotechnicien. ■

2

Exécution d'un rempiètement : excavation d'une bande de terre.



Fondations et structures enterrées : des précautions s'imposent !

Les fondations et les éléments de construction enterrés, tels que les caves, sont à réaliser en tenant compte de certains aspects importants. On veillera ainsi à ce que les fondations non protégées ne gèlent pas, à ce que la zone excavée soit correctement remblayée, mais aussi à ce que l'éventuel système de rabattement des eaux ne soit pas arrêté trop tôt. Nous renvoyons à l'article de la page 8, dédié aux fouilles, pour ce qui est de la stabilité de l'excavation elle-même.

N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

Préserver les fondations non protégées du gel

En Belgique, on considère généralement que le niveau d'assise des fondations situé à une profondeur de 70 à 80 cm est à l'abri du gel. Cependant, tant que la zone excavée autour de la cave n'a pas été remblayée et que les hourdis du rez-de-chaussée n'ont pas été posés, le sol au droit de l'assise des fondations est plus sensible aux variations de température. Les fondations sont dès lors susceptibles de geler, même à plus de 70-80 cm sous le niveau du sol.

La figure 1 illustre les dégâts engendrés à des fondations sur semelles continues d'une profondeur de 1,2 m. Celles-ci ont gelé sur une épaisseur de 1 à 4 cm lors d'une période de gel d'une dizaine de jours, ce qui a entraîné la dégradation de la maçonnerie portante et du sol en béton non armé du vide sanitaire.

Pour empêcher que les fondations ne gèlent en cas de froid intense prolongé, il est donc préférable de prendre certaines mesures, comme une **adaptation du planning** (dans la mesure du possible). Les dégâts illustrés à la figure 1 auraient ainsi peut-être pu être évités si les hourdis avaient été posés avant la période de gel ou dès les premières gelées.

Remblayer et compacter correctement la fouille

Le remblayage de la fouille autour de la construction enterrée nécessite l'utilisation d'un **matériau bien compactable**, tel que du sable. On procédera au remblayage et



1 Dégâts occasionnés à la maçonnerie portante à la suite d'une période de gel durant la phase de construction.

au compactage **par couches** pour éviter l'affaissement du pavage de la terrasse et/ou des allées bordant la maison.

Si le matériau de remblai est difficilement compactable (limon ou argile), des tassements importants peuvent se produire dans les années qui suivent la réalisation, en dépit du fait que le remblayage et le compactage ont été effectués par couches. Il est à noter qu'un tassement n'est jamais exclu, même si la pose du pavage a lieu plusieurs années après les travaux.

On tiendra compte du fait que le poids du remblai et les travaux de compactage eux-mêmes (utilisation de machines

lourdes, par exemple) exerceront des **forces horizontales considérables** sur les murs de la cave et que ceux-ci sont donc susceptibles de fléchir. Si la résistance en flexion des murs est dépassée, ils pourraient subir de gros dégâts et se fissurer (ce qui entraînera des problèmes d'étanchéité) ou, dans le pire des cas, s'effondrer.

Avant d'entamer le remblayage, on s'assurera donc que les murs de la cave sont **suffisamment résistants en flexion**. Outre le fait que le béton armé présente une résistance supérieure à celle d'une maçonnerie non armée, on notera que la résistance en flexion augmente à mesure que le poids de la structure hors sol augmente lui aussi. Alors que les murs de la cave ont généralement une résistance en flexion suffisante lorsqu'ils sont chargés par une structure traditionnelle (poids des étages et planchers hors sol), ce ne sera pas forcément le cas en présence d'une structure en bois.

La **présence de murs transversaux** dans la cave a également un effet stabilisateur important.

Lors du compactage du sol, on évitera les trop nombreux aller-retour de pelleuse lourde aux abords de l'ouvrage.

Ne pas arrêter trop tôt le système de rabattement des eaux

Si l'on abaisse le niveau d'une nappe phréatique avant de réaliser une construction dans le sol, on veillera à ne pas arrêter trop tôt le système de rabattement des eaux. En effet, le poids de la structure doit être suffisamment élevé par rapport à la force ascendante exercée par l'eau sur la partie

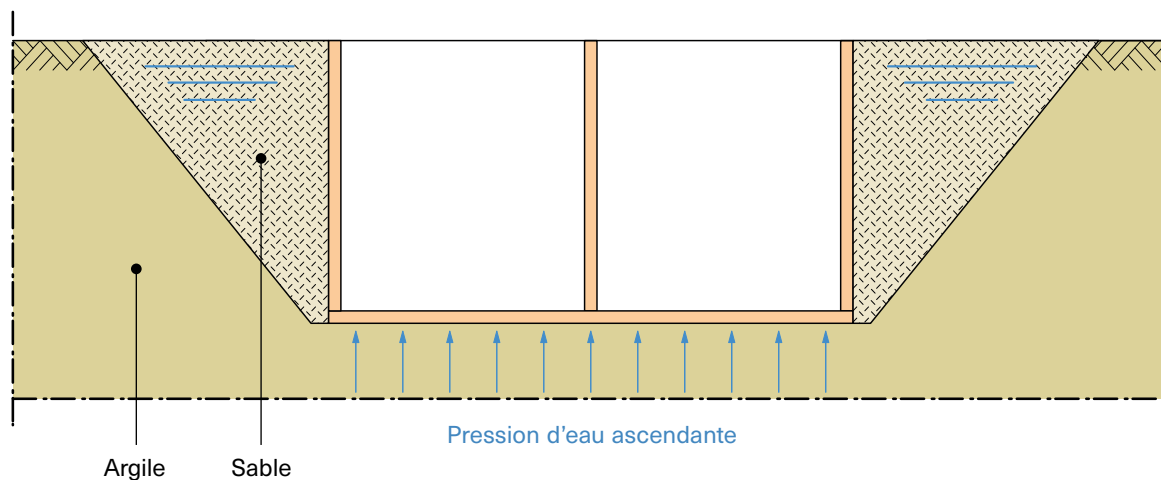
de l'ouvrage située sous le niveau de la nappe phréatique. C'est ce qu'on appelle la **poussée d'Archimède**.

Par exemple, si une partie de la cave se trouve 1 m sous le niveau de la nappe phréatique, elle sera soumise à une poussée d'Archimède ascendante d'environ 10 kN/m^2 (1 tonne/m²). Si la superficie de la cave est de $10 \times 10 \text{ m}^2$, la force ascendante absolue est donc d'environ 1.000 kN (100 tonnes). Si le poids de la structure est moins élevé à ce moment-là, elle commencera à **se soulever**, provoquant dans la plupart des cas des dégâts très graves et presque irréparables.

Pour éviter ce type de problèmes, on vérifiera la poussée d'Archimède avant d'arrêter le système de rabattement. À défaut de données fiables relatives au niveau de la nappe, on considérera que celle-ci atteint le niveau supérieur du sol.

En l'absence de système de rabattement, ou s'il n'était pas nécessaire d'y recourir (si l'ouvrage est situé dans un sol peu perméable constitué d'argile, par exemple), on prendra garde à ce que de l'eau ne s'accumule pas autour du bâtiment. En cas de précipitations intenses, l'eau peu en effet s'accumuler dans la zone de remblai autour de l'ouvrage enterré. Ce dernier peut dès lors être soumis à une poussée d'Archimède (voir figure 2).

Lorsque des caves préfabriquées se trouvent sous des éléments de construction qui, par la suite, ne sont pas ou trop peu sollicités par la structure supérieure, le soulèvement des constructions enterrées est à nouveau susceptible d'entraîner des dégâts considérables, que ce soit durant l'exécution ou l'utilisation finale du bâtiment. Par ailleurs, ce phénomène peut survenir de nombreuses années après les travaux, car l'eau s'écoule très lentement dans la zone remblayée. ●



2

En raison de l'infiltration et de l'accumulation d'eau de surface dans le remblai très perméable, l'ouvrage subit une pression d'eau ascendante.

Montage des maçonneries portantes : stabilité avant tout !

Afin que les maçonneries portantes et le bâtiment acquièrent la résistance et la stabilité escomptées, l'entrepreneur doit veiller au respect d'un certain nombre de points avant, pendant, voire après les travaux.

Y. Grégoire, ir.-arch., responsable des publications sectorielles, division 'Publications et documentation', CSTC

Les maçonneries portantes sont conçues et exécutées sur la base de l'**Eurocode 6**. La partie 2 de cet Eurocode est plus particulièrement consacrée aux règles de mise en œuvre, afin que les maçonneries soient conformes aux hypothèses du dimensionnement émises dans les autres parties. La **NIT 271** constitue quant à elle le code de bonne pratique en matière d'exécution des maçonneries.



Respect des prescriptions

L'entreprise de maçonnerie doit **respecter les prescriptions de l'auteur de projet**, que la maçonnerie portante

ait fait l'objet d'une note de calcul ⁽¹⁾ ou qu'elle soit implicitement dimensionnée dans les documents contractuels (cahiers des charges, plans, métrés) via la prescription de la nature et de la résistance des matériaux, de l'épaisseur de la paroi ou encore de la technique de mise en œuvre. Les paramètres précités influencent effectivement la stabilité de la maçonnerie portante et donc celle du bâtiment projeté. L'entreprise peut proposer une alternative, mais celle-ci doit être soumise à l'approbation de l'auteur de projet.

Il est vivement recommandé de choisir des produits disposant d'une des **marques volontaires de qualité** (BENOR, ATG, ...), celles-ci étant d'ailleurs bien développées dans le secteur de la maçonnerie. En plus d'offrir un gage de qualité aux produits, ces labels octroient des coefficients de sécurité plus favorables.

Montage

Le premier lit d'éléments de maçonnerie est posé sur **une couche de mortier d'égalisation de 2 cm d'épaisseur**, afin de rattraper les irrégularités du support. Cette mesure est particulièrement importante lorsque les joints d'assise doivent être minces (0,5 à 3 mm), car un nivellement optimal des éléments est requis.

Pour des joints d'assise d'épaisseur nominale inférieure à 6 mm, on tiendra compte d'une tolérance d'exécution plus sévère sur l'épaisseur des joints (2 mm au lieu de 4 mm) et on soignera donc scrupuleusement leur réalisation.

Il est à noter qu'une maçonnerie dite hybride ⁽²⁾ présentera des performances mécaniques moins élevées.

⁽¹⁾ L'auteur de projet doit clairement spécifier dans les documents contractuels que le dimensionnement ou l'étude de stabilité est à la charge de l'entreprise de maçonnerie, si cette dernière doit elle-même faire appel à son bureau d'études.

⁽²⁾ Une maçonnerie hybride est une maçonnerie hétérogène incorporant des matériaux particuliers tels que des blocs constructifs isolants en pied de mur ou des bandes acoustiques.

- A** Écarts géométriques admissibles en matière de stabilité des maçonneries (à combiner avec les écarts sur les éléments).

Caractéristique à vérifier		Écart maximal admissible
Aplomb/verticalité	à chaque étage	± 8 mm/étage
	sur la hauteur du bâtiment	± 50 mm
Alignement vertical		± 20 mm
Planéité sur 2 m		± 8 mm/2 m
Épaisseur de la paroi		± 5 mm ou ± 5 % de l'épaisseur (selon la valeur la plus grande)

Au droit des baies, la longueur d'appui des linteaux (≥ 10 cm pour des linteaux conformes à la norme NBN EN 845-2) résulte des prescriptions basées sur des calculs de stabilité et/ou sur des informations fournies par le fabricant. Ces **linteaux préfabriqués** sont à placer sur une couche de mortier (répartition uniforme des charges et création d'une friction suffisante) dans laquelle on prévoit parfois un profilé en néoprène, par exemple, afin d'accroître la friction. En fonction de la grandeur des charges et de la nature de la maçonnerie, la pose d'asselets adaptés (petites poutres en béton armé placées sous l'appui d'une poutre) peut être requise.

Limitation de la hauteur journalière

La hauteur de construction journalière doit être adaptée à la durée de prise du mortier et au poids des éléments de maçonnerie. La hauteur habituelle est de 1,2 m, excepté pour les grands éléments et les maçonneries collées, auxquels cas la hauteur correspond à celle d'un étage.

Tolérances d'exécution

Pour répondre aux hypothèses de calcul de stabilité, des écarts géométriques maximaux sont à respecter (voir tableau A).

- B** Nombre minimal d'étauçons à prévoir pour des maçonneries jusqu'à 3 m de hauteur.

Longueur du mur	Nombre minimal d'étauçons
≤ 2 m	1
≤ 5 m	2
Par longueur de 2 m supplémentaire	+ 1

Étauçonnement

Judicieusement prévus lors de la phase de conception par l'auteur de projet, les **murs de refend** – c'est-à-dire des murs servant à soutenir un mur dont il faut assurer la stabilité – permettent de limiter les risques d'écroulement sous l'action du vent durant la phase de construction et, éventuellement, d'éviter l'utilisation d'étauçons.

En l'absence de murs de refend, les murs indépendants tels que les murs pignon doivent être étauçonnés de manière appropriée. Les recommandations courantes sont reprises dans le tableau B.

Les étauçons doivent pouvoir reprendre à la fois des **efforts de traction et de compression**. Dans le cas contraire, les murs seront étauçonnés sur leurs deux faces. Les étauçons sont habituellement positionnés sous un angle de 45° à 60° par rapport à un plan horizontal avec un point de contact situé aux $2/3$ de la hauteur du mur (pour les murs jusqu'à 3 m de hauteur). En outre, il s'avère nécessaire de prévoir des poutres de répartition.

Saignées et réservations

L'encastrement des conduites et la réalisation des réservations ne peuvent compromettre la stabilité du mur ou toute autre performance (sa résistance au feu en particulier). En règle générale, il n'est pas admis de pratiquer des saignées ou des réservations au travers des linteaux ou d'autres éléments porteurs. Le bureau d'études doit être consulté en cas de maçonneries armées.

Une attention particulière doit être accordée aux saignées et réservations réalisées après l'exécution de la maçonnerie. La profondeur maximale des saignées et réservations verticales – admissible sans calcul préalable – est de 30 mm. La largeur maximale autorisée dépend quant à elle de l'épaisseur de la maçonnerie portante. Par contre, les saignées et réservations horizontales ou inclinées ne sont pas admises sans une vérification par calcul de la stabilité. 

Évaluer la stabilité du gros œuvre existant

Avant d'envisager toute rénovation, on s'interrogera sur l'état actuel de l'ouvrage. Bien souvent, la déformation des éléments de construction et la présence de fissures constituent de bons indicateurs pour évaluer la stabilité des petites et moyennes constructions. Les éventuels travaux de stabilisation devraient toujours être envisagés sous la conduite d'un architecte et/ou d'un bureau d'études.

L. Lassoie, ing., coordinateur éditorial et coordinateur adjoint des Comités techniques, CSTC

Les problèmes d'humidité ne seront pas abordés dans cet article, même s'ils peuvent avoir des conséquences sur la stabilité des éléments. Nous renvoyons au [Dossier du CSTC 2021/6.1](#) et à la [NIT 252](#) pour plus d'informations à ce sujet, car il va de soi que ces problèmes doivent être résolus avant d'entamer les travaux.

L'évaluation de la stabilité débute toujours par un examen visuel et la consultation de l'historique du bâtiment.

Au cours de l'**examen visuel**, on accordera une attention particulière aux paramètres susceptibles d'influencer la stabilité de l'ouvrage, notamment :

- la géométrie des structures portantes
- l'épaisseur et, dans la mesure du possible, la composition des éléments portants
- les caractéristiques d'exécution des jonctions entre les éléments ainsi que leur état
- les matériaux rencontrés, leur état de dégradation, la section utile résiduelle des éléments endommagés, ...
- la longueur, l'ouverture et l'orientation des fissures continues
- les déformations importantes (fléchissement, ventre, hors-plomb, ...)
- les tassements et affaissements.

L'**historique de l'ouvrage à rénover** doit permettre de se faire une idée des matériaux présents, des techniques utilisées et de l'évolution de certains phénomènes. On sera particulièrement attentif :

- au caractère évolutif des déformations (hors-plomb, fissures, ...)
- à la présence d'une odeur de pourriture
- à la présence de vermoulure sur les planchers
- aux éventuelles réparations antérieures.

Stabilité des structures de plancher et des charpentes en bois

On commencera par vérifier l'état du bois au droit des appuis et des assemblages en particulier.

La **présence de champignons ou de filaments** (voir figure 1) nécessite toujours un diagnostic approfondi par un spécialiste et un traitement rapide approprié (voir [NIT 180](#)) avant le début des travaux, car elle est synonyme d'attaques encore actives.



1 Présence de filaments et de pourriture du bois.



2 Attaque du bois par des insectes.

Si l'on constate de la **pourriture** à la surface du bois, cela signifie très souvent que celui-ci a été attaqué par des champignons. Il convient dans ce cas d'estimer l'étendue de la contamination en enfonçant un outil pointu dans le bois. L'élément peut être conservé sans renforcement si l'outil point ne s'enfonce pas au-delà de 1 à 1,5 cm (gîte de section 7/18 cm ou 8/23 cm).

Les **petits trous circulaires ou ovales** en surface du bois (voir figure 2) sont très souvent dus à des attaques d'insectes, actives ou passées. Lorsque le diamètre des trous est inférieur à 3 mm, il suffit d'appliquer un produit curatif du bois à la brosse ou de l'asperger directement sur la surface à traiter. Lorsque les trous sont plus importants, on fera réaliser un diagnostic précis qui permettra d'évaluer leur influence sur la résistance mécanique des éléments.

Une fois l'état du bois jugé satisfaisant, on jugera de la stabilité des éléments. Une première estimation peut être réalisée sur la base de la déformation réelle de ces derniers. Lorsqu'elle dépasse 1/100 de la portée (également noté L/100), il y a lieu de s'interroger sur la stabilité.

Cette estimation peut être effectuée à l'aide de **tableaux de prédimensionnement** (voir les [Dossiers du CSTC 2013/1.7](#) et [2011/4.6](#)). Si l'on considère les critères de déformation habituels (L/350) et/ou de vibration (cas des planchers), on conclura souvent que les structures sont sous-dimensionnées.

Dans le contexte de travaux de rénovation, il est courant d'accepter un aspect moins favorable (déformations supérieures à L/350) et/ou un confort moindre des planchers (vibrations dues aux pas). Il s'avère toutefois essentiel de

A Portées maximales des planchers d'une maison.

Entraxe	Solive 63 × 175 mm ²			Solive 75 × 225 mm ²		
	L/350	Critère de vibration	Stabilité	L/350	Critère de vibration	Stabilité
0,3 m	3,9 m	3,5 m	5,0 m	5,3 m	5,3 m	6,9 m
0,4 m	3,5 m	2,9 m	4,4 m	4,8 m	4,8 m	6,2 m
0,5 m	3,3 m	2,7 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	5,5 m
0,6 m	3,1 m	2,5 m	3,6 m	4,2 m	4,0 m	5,0 m

B Portées maximales entre appuis des pannes d'une toiture à versants (40°).

Entraxe	Panne 63 × 175 mm ²		Panne 75 × 225 mm ²	
	L/350	Stabilité	L/350	Stabilité
1,0 m	3,9 m	5,0 m	5,3 m	7,0 m
1,2 m	3,7 m	4,6 m	5,0 m	6,4 m
1,4 m	3,5 m	4,2 m	4,8 m	5,9 m
1,6 m	3,3 m	4,0 m	4,6 m	5,5 m

C Portées maximales entre appuis des gîtes d'une toiture plate non accessible.

Entraxe	Gîte 63 × 150 mm ²		Gîte 63 × 175 mm ²	
	L/350	Stabilité	L/350	Stabilité
0,3 m	5,4 m	6,4 m	6,3 m	7,5 m
0,4 m	4,9 m	5,6 m	5,7 m	6,5 m
0,5 m	4,5 m	5,0 m	5,3 m	5,8 m
0,6 m	4,3 m	4,6 m	5,0 m	5,3 m

vérifier la stabilité. Les tableaux A, B et C indiquent les portées maximales, en mètres, des planchers d'une maison (masse surfacique maximale des finitions : 70 kg/m²) ainsi que les portées maximales entre appuis dans le cas des toitures à versants et des toitures plates.

Stabilité des maçonneries

Les dégradations illustrées aux figures 3 et 4 sont susceptibles de compromettre la stabilité de la maçonnerie et doivent donc être traitées en priorité.

Partons du postulat que l'état des matériaux constitutifs de la maçonnerie (briques, blocs, mortier, ...) est jugé satisfaisant. Dans ce cas, les principaux éléments à contrôler vis-à-vis de la stabilité des maçonneries sont :

- les déformations importantes en matière de **planéité** (hors-plomb, ventre, ...)
- la profondeur des éventuelles **fissures**, leur ouverture et leur caractère évolutif.

Les critères mentionnés dans l'article de la page 15 permettent d'évaluer l'aplomb et la planéité. Des écarts supérieurs aux limites renseignées peuvent mettre en péril la stabilité des maçonneries.



3 Dégradation très importante du mortier de pose causée par le gel.



4 Briques endommagées par le gel.



5 Fissure avec décalage.

Les fissures peuvent avoir des origines diverses. Celles-ci ne sont pas toujours liées à la stabilité des ouvrages (fissures d'origine thermique, par exemple). Pour déterminer si une fissure pourrait compromettre la stabilité d'une maçonnerie, il est capital de se poser certaines questions.

La fissure est-elle traversante ?

Seules les fissures qui traversent les parois de part en part doivent être considérées comme potentiellement dangereuses.

Quelle est l'ouverture de la fissure ?

En général, les fissures ayant une ouverture limitée (< 3 mm)

ne présentent aucun risque, pour autant que leur ouverture reste stable et qu'aucun décalage important n'est constaté (voir figure 5). À partir de 3 mm, il est recommandé de suivre l'évolution d'ouverture durant au moins trois mois (idéalement un an) à l'aide d'un fissuromètre, sauf si la cause de la fissure est connue et que les informations recueillies indiquent une stabilisation de l'ouverture. Les fissures stables peuvent être réparées au moyen de produits de réparation habituels. On tiendra néanmoins compte du fait que de légers mouvements (principalement d'origine thermique) sont susceptibles de provoquer une microfissuration au droit des réparations. En cas de fissures non stables, la ou les causes (tassement différentiel des fondations, par exemple) seront recherchées et traitées avant toute intervention.

Stabilité des structures en béton

Il est plus difficile d'évaluer la stabilité des structures en béton existantes. En effet, les données nécessaires telles que les caractéristiques mécaniques, le diamètre et le positionnement des armatures font habituellement défaut. Bien que l'on puisse réaliser des contrôles (examen au moyen d'un pachomètre, par exemple) et des mesures de résistance mécanique *in situ* (voir le [Dossier du CSTC 2021/3.1](#)), ces interventions sont rarement envisagées dans le cas des constructions de taille limitée.

Nous recommandons cependant de répondre aux questions suivantes.

Observe-t-on des dégâts (éclatements, fissures, ...) liés à la corrosion des armatures ?

Si tel est le cas et si ces dégâts affectent des structures intérieures, on procédera à leur réparation au moyen de systèmes spécialement conçus à cet effet. Leur principe consiste le plus souvent à dégager les armatures corrodées, comme décrit dans la [NIT 231](#), et à appliquer un mortier de réparation après avoir éventuellement enduit les armatures d'un revêtement anticorrosion. En présence de structures carbonatées, lorsque l'enrobage est inférieur à 10 mm, un revêtement de protection sera appliqué sur le béton après avoir effectué un ragréage avec le mortier de réparation. En cas de structures extérieures, un diagnostic plus poussé s'avère généralement nécessaire pour déterminer les causes exactes du phénomène avant d'entamer les travaux. Les dégâts peuvent en effet être liés à d'autres causes (réaction alcali-silice, gel, ...).

La déformation de l'élément reste-t-elle dans des limites raisonnables ?

Comme pour le bois, la déformation des éléments en béton (dalle ou poutre) est un bon indicateur de leur stabilité. Des déformations supérieures à $L/250$ (L correspondant à la distance entre deux appuis) devraient entraîner une étude plus complète de la stabilité des éléments. Il en va de même pour un fléchissement des colonnes ou des murs supérieur à la plus grande des valeurs $h/300$ (h étant la hauteur de l'élément) ou supérieur à 15 mm. Les normes NBN EN 13670 et NBN B 15-400 peuvent servir de base pour vérifier les tolérances des structures en béton. ◆

Comment réaliser des ouvertures dans les maçonneries existantes ?

Afin de créer de plus grands espaces, voire de gagner en luminosité, il est fréquent que l'on supprime des murs de maçonnerie ou qu'on les modifie en réalisant de nouvelles ouvertures. Pour garantir la stabilité durant les travaux et une fois ceux-ci terminés, l'entrepreneur doit respecter certaines règles ainsi que les prescriptions de l'architecte et d'un bureau d'études en stabilité.

Y. Grégoire, ir.-arch., responsable des publications sectorielles, division 'Publications et documentation', CSTC

Charges à considérer

Le choix de la technique d'exécution et le dimensionnement du futur linteau, mais également le choix du dispositif de soutien temporaire durant les travaux, nécessitent de tenir compte des charges sollicitant la maçonnerie.

Lorsque la hauteur de la maçonnerie au-dessus d'un linteau est suffisante, c'est-à-dire lorsqu'elle est supérieure à la moitié de la longueur de l'ouverture, un **arc de décharge** se forme dans la maçonnerie. Les charges appliquées au-dessus de cet arc ne sont pas supportées par le linteau, mais par les maçonneries adjacentes. La surface comprise entre l'arc de décharge et le linteau peut être représentée par un triangle (voir figure 1).

Lorsqu'aucune charge supplémentaire (poutre, plancher, ...) n'agit sous le sommet de ce triangle, le linteau ne supporte que son poids propre et celui du triangle de maçonnerie. Dans les cas contraires, très fréquents, on

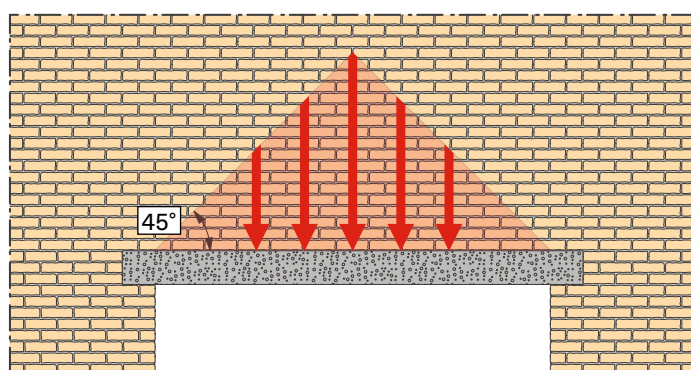
tiendra compte également de toutes les charges ponctuelles ou réparties.

La réalisation d'ouvertures dans les maçonneries portantes ainsi que la suppression de ces dernières amoindrissent la **résistance globale du bâtiment**, en particulier lorsque celui-ci est confronté à des charges horizontales (vents, séismes, ...). En fonction de l'importance de ces sollicitations potentielles, le bureau d'études considérera des limites dans le nombre et l'étendue des ouvertures pour que le bâtiment conserve sa stabilité d'ensemble, à moins de prévoir des mesures de renforcement localisées.

Techniques de réalisation d'ouvertures

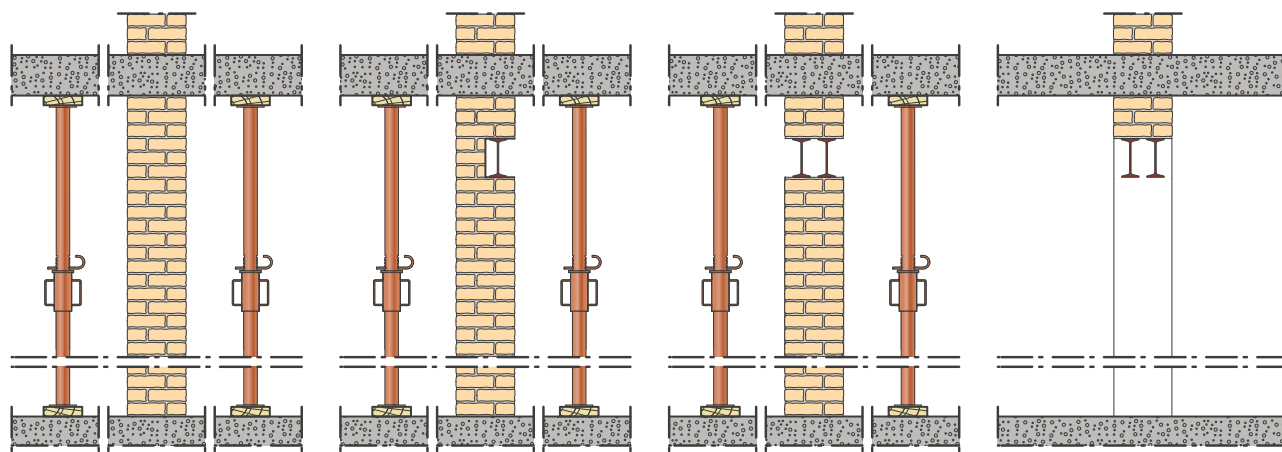
En général, on pourra réaliser des ouvertures sans mesures particulières (étaieusement, ...) quand, simultanément :

- leur longueur est inférieure ou égale à 1 m (ouverture de



1

Triangle délimité par l'arc de décharge et le linteau.



2 Méthode des deux demi-linteaux.

- porte, par exemple)
- la maçonnerie est pleine et en bon état (cohésive et exempte de fissures)
- la hauteur de la maçonnerie est telle qu'un arc de décharge se forme (voir page précédente) sans charge supplémentaire sous le sommet du triangle (voir figure 1 à la page précédente).

Le nouveau linteau assurera au final le maintien à long terme du triangle de maçonnerie.

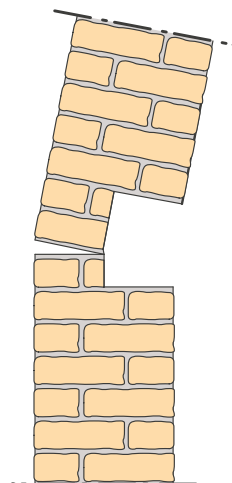
Dans les autres cas, les principales techniques de réalisation d'ouvertures, brièvement décrites et illustrées ci-après, ont en commun de **garantir un soutien temporaire pendant les travaux et d'offrir ensuite un soutien définitif à l'ouvrage final.**

La plupart de ces méthodes nécessitent une opération essentielle : le **matage adéquat**, c'est-à-dire le calfeutrage optimal des cavités (entre le nouveau linteau et la maçonnerie, par exemple) à l'aide d'un mortier de rebouchage sans retrait. Le linteau peut *in fine* être enrobé ou habillé au besoin (résistance au feu, par exemple).

Méthode des deux demi-linteaux

Cette méthode consiste à créer une première entaille horizontale sur la moitié de l'épaisseur du mur et d'y poser un demi-linteau avec matage (voir figure 2 ci-dessus). On procède de la même manière pour l'autre moitié de l'épaisseur du mur avant d'éliminer la maçonnerie sous les demi-linteaux.

Cette méthode, qui est à éviter notamment en cas de grandes portées, impose de s'assurer de la stabilité du mur au droit de la section affaiblie, car le risque de flambage (voir figure 3) et d'écroulement est élevé. Une alternative



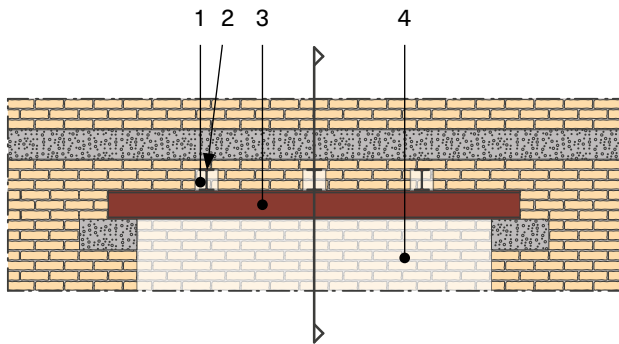
3 Risque de flambage en cas d'entaille sur la demi-épaisseur du mur.

plus sécuritaire consiste à limiter les entailles au tiers de l'épaisseur de la maçonnerie et à mettre en œuvre des linteaux moins larges.

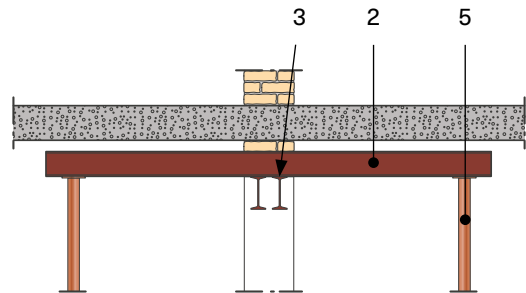
Méthode par chevalement et étaieement

En présence d'un mur de forte épaisseur et/ou d'une structure de plancher non continue de part et d'autre de la maçonnerie, on privilégiera la méthode par chevalement et étaieement (voir figure 4 à la page suivante et la figure 7 à la page 24). Celle-ci consiste :

- d'abord, à réaliser au-dessus de la future ouverture des percements ponctuels espacés de quelques dizaines de centimètres (sans jamais dépasser 1 m)
- ensuite, à placer avec matage des profilés de chevalement (traverses) perpendiculairement au mur. Ceux-ci



- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| 1. Percement ponctuel | 3. Linteau |
| 2. Profilé de chevalement (traverse) | 4. Maçonnerie à démolir |



5. Étançon

4 Méthode par chevalement et étaieage (vue de face et vue en section).

- reposeront sur des étaillons placés à chacune de leurs extrémités
- puis, à créer l'ouverture en démolissant la maçonnerie sous-jacente
- enfin, à placer le linteau définitif (éventuellement constitué de plusieurs éléments) avec matage avant d'enlever les étaillons et les profilés de chevalement.

- ensuite, à insérer avec matage les tabourets (voir figure 6) avant de démolir la maçonnerie entre les tabourets
- puis, à mettre en place un armaturage adéquat avant de bétonner la poutre dans laquelle sont noyés les tabourets
- enfin, à réaliser l'ouverture une fois que le béton a pris.

Méthode des tabourets

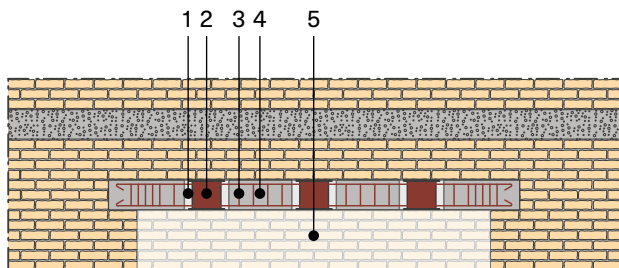
Utilisée notamment lorsque l'accès à des éléments préfabriqués est problématique, la méthode des tabourets (voir figure 5) consiste :

- d'abord, à réaliser dans la hauteur du futur linteau des percements ponctuels espacés de quelques dizaines de centimètres (sans jamais dépasser 1 m)

Usage averti d'étaillons

Les moyens d'étaillage et de soutènement devront permettre un **accès aisé à la zone de travail**. Pour ce faire, il convient de les écarter d'environ 1 m de la maçonnerie à démolir.

Les étaillons, lorsqu'ils sont requis, devront **soutenir temporairement les charges considérées** et les reporter vers la structure portante. Leur bon fonctionnement à l'étage

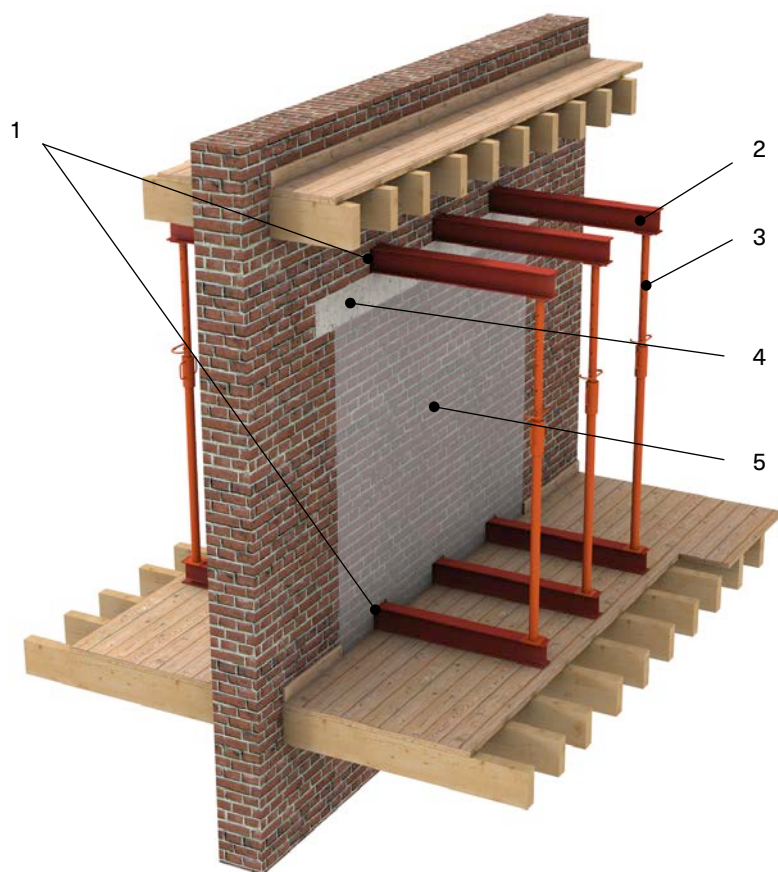


- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Percement ponctuel | 3. Armature |
| 2. Tabouret posé avec matage | 4. Béton |
| | 5. Maçonnerie à démolir |

5 Méthode des tabourets.



6 Exemples de tabourets.



1. Percements ponctuels
2. Profilé de chevalement (traverse)
3. Étaçon
4. Linteau
5. Maçonnerie à démolir

7 Méthode par chevalement et étaie : appui des étaçons sur des traverses reposant sur le mur porteur inférieur.

concerné par les travaux peut nécessiter de les prévoir également aux étages inférieurs pour reporter les charges jusqu'aux fondations, ou de les appuyer à leur extrémité inférieure sur des poutrelles posées transversalement sur le mur porteur (voir figure 7).

Choix du linteau

Le linteau consiste généralement en un profilé métallique ou, plus souvent, plusieurs profilés juxtaposés pour former un linteau. D'autres solutions, comme les éléments préfabriqués en béton, le béton coulé *in situ*, les poutres en bois ou en pierre naturelle, ne sont pas exclues.

Un des critères de choix réside dans la **facilité de manutention**. Voilà pourquoi on considère en particulier la masse du linteau ainsi que les possibilités d'accès pour acheminer les éléments préfabriqués sur le lieu des travaux.

Le linteau de la future ouverture doit être **dimensionné de sorte qu'il puisse résister aux charges** avec suffisamment de sécurité tout en se déformant de façon limitée (maximum 1/500, voire 1/1.000 de la portée si la paroi supérieure comporte des ouvertures; voir à ce sujet la norme NBN B 03-003).

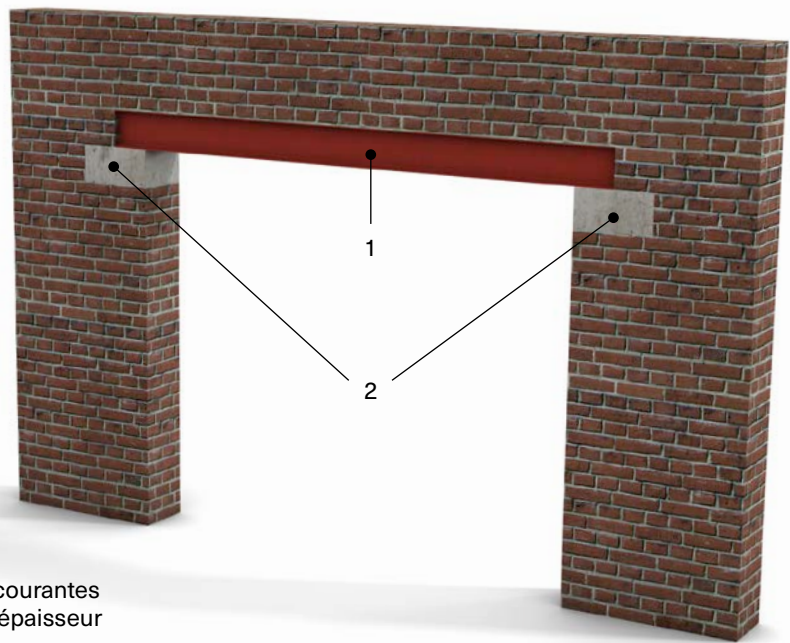
Appuis du futur linteau

La longueur d'appui des linéaux sera déterminée à l'aide de calculs de stabilité. Elle sera **de préférence supérieure ou égale à 20 cm**, mais en aucun cas inférieure à 10 cm.

En fonction de l'importance de la charge considérée et de la résistance de la maçonnerie, il sera peut-être requis de répartir les réactions d'appui de part et d'autre de l'ouverture créée, en interposant des **asselets adaptés en béton armé** (voir figure 8 à la page suivante), voire en transférant les réactions d'appui au moyen de **colonnes métalliques** (jambages) vers la structure sous-jacente (voir figure 9 à la page suivante). Cette dernière doit dès lors pouvoir reprendre les charges ponctuelles engendrées.

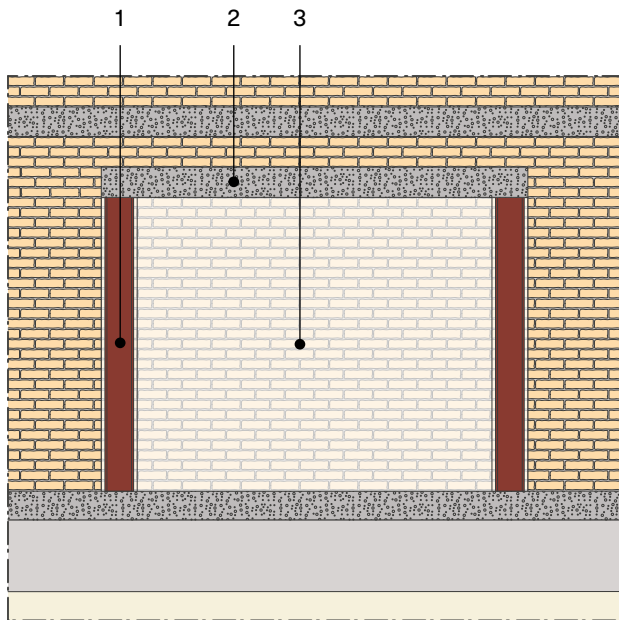
Protection des ouvrages

L'entrepreneur prendra toutes les précautions durant l'exécution des travaux pour éviter d'endommager les ouvrages non concernés. Ces derniers devront être suffisamment protégés. Si des réseaux sont présents (gainés, interrupteurs ou prises électriques, canalisations d'eau, de gaz ou de chauffage, ...), il faudra les dévier ou les mettre hors service.



1. Linteau
2. Asselets

8 Interposition d'asselets de dimensions courantes (longueur de 40 cm, hauteur de 20 cm, épaisseur égale à celle de la maçonnerie).



1. Colonne métallique placée dans une saignée verticale
2. Linteau
3. Maçonnerie à démolir

9 Utilisation de colonnes métalliques pour supporter le nouveau linteau.

Gestion des matériaux déposés

Il est recommandé d'envisager les possibilités de **réemploi des matériaux** qui seront déposés. Par exemple, si certaines briques pleines en terre cuite sont présentes en nombre suffisant, elles peuvent être récupérées et réutilisées, dans le même projet ou dans d'autres projets par l'intermédiaire de revendeurs de matériaux. Sinon, elles seront recyclées comme granulats via les centres de recyclage. 

Avertissement

Même si les travaux sont réalisés conformément aux recommandations de cet article, la réalisation d'ouvertures dans une maçonnerie portante crée inévitablement un nouveau cheminement de la descente de charges. Celui-ci modifie la réponse structurelle de la maçonnerie et engendre une nouvelle distribution des contraintes et des déformations. Il peut en résulter des fissures d'ampleur limitée, parfois aux étages supérieurs, sans pour autant que la stabilité ne soit mise en péril.

Percement et renforcement d'un plancher : à quoi faut-il penser ?

La rénovation d'un plancher ne s'improvise pas, d'autant moins lorsque des percements sont envisagés. Cet article présente les principales règles de bonne pratique à respecter pour n'importe quel type de plancher. Il fait également le point sur le renforcement des planchers en bois.

A. Skowron, ir., chef du laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

Avant de rénover un plancher ou de modifier sa structure, il convient d'analyser son état et de s'assurer qu'il est **capable de reprendre les charges d'utilisation prévues** (voir l'article de la page 4). On consultera l'article de la page 17 pour savoir quels sont les éléments à contrôler.

Si des travaux de percement nécessitent le renforcement du plancher, l'entrepreneur veillera à prévoir un étançonne-

ment adéquat, afin de **limiter l'impact des travaux sur la stabilité du plancher**. On se référera à l'article de la page 6 pour plus d'informations.

Carottage et percements pour le passage des techniques spéciales

Les petits percements et carottages verticaux à travers le plancher permettent le passage des techniques spéciales (eau, électricité, ventilation, ...). Le diamètre des réservations varie de quelques millimètres à environ 30 cm.

Avant d'effectuer un percement ou un carottage, on vérifiera qu'**aucun circuit ni aucune conduite encore alimentés** ne se trouvent dans le passage. Différents appareils d'auscultation des bétons (de type scanner) peuvent être utilisés afin de repérer l'emplacement des conduites et du ferrailage (voir le [Dossier du CSTC 2021/3.1](#)).

Une attention particulière doit être portée à l'**étanchéité à l'air** (lorsque le percement traverse le volume protégé) et à la **performance acoustique** visée. On consultera la [NIT 255](#) en ce qui concerne l'étanchéité à l'air des bâtiments ainsi que le [Dossier du CSTC 2017/4.14](#) pour ce qui est des aspects acoustiques.

Pour les percements rectangulaires dans les hourdis en béton, certains fabricants fournissent des abaques avec les dimensions maximales des réservations à respecter. Celles-ci sont généralement de 1 m de longueur sur 40 cm de largeur. Au-delà, il convient de renforcer le plancher à l'aide d'un chevêtre en acier ou en béton armé (voir ci-après).

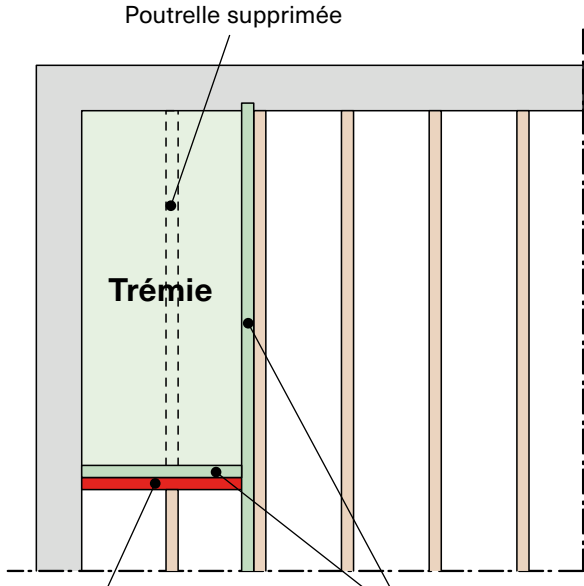
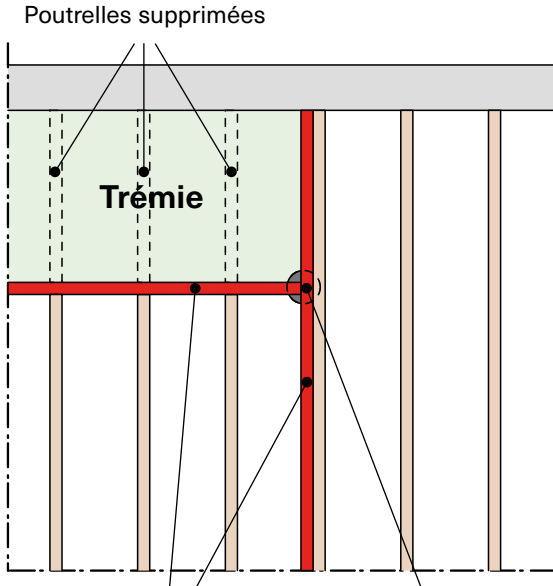


AdobeStock

1

Escalier réalisé par création d'une réservation de grande dimension dans le plancher.

A Trémie parallèle ou perpendiculaire aux poutrelles du plancher.

Trémie parallèle aux poutrelles/hourdis	Trémie perpendiculaire aux poutrelles
 Poutrelle supprimée Trémie Poutre de renfort Poutres de renfort supplémentaires si plancher en bois	 Poutrelles supprimées Trémie Poutres de renfort Poteau éventuel
• L'axe principal de la trémie suit la même orientation que le sens de portée du plancher. • Cette disposition permet de créer un cadre rigide (chevêtre) sans grande difficulté. • Lorsque la structure est en bois, on veillera à doubler les poutres sur le pourtour de la trémie (ajout de poutres supplémentaires – en vert sur le schéma). • Si le plancher est en béton, la poutre de renfort peut être en acier ou en béton armé.	• L'axe principal de la trémie est perpendiculaire au sens de portée du plancher. • L'orientation de la trémie oblige à sectionner plus d'une poutrelle du plancher. • La reprise structurale de l'ossature nécessite la pose de poutres de section plus importante, et éventuellement la pose d'un poteau à l'intersection des poutres de renfort lorsque le plancher existant, même renforcé, n'est pas capable de reprendre les charges qui lui sont transmises. • Dans ce cas de figure, il est vivement conseillé de faire appel à un bureau d'études en stabilité, qui dimensionnera précisément les poutres de renfort à prévoir.

Création d'une réservation de grande dimension

Lors de la création d'une ouverture dans un plancher (trémie pour le placement d'un escalier, par exemple; voir figure 1 à la page précédente), on recommande de placer à l'étage inférieur des **étais de maçon**, et ce avant de procéder au démontage d'une partie de la structure du plancher. Les étais doivent être calés entre des poutres en bois sur tout le pourtour de la future trémie, au plus proche de la périphérie.

Le plancher peut être de plusieurs types : ossature en bois ou structure métallique, béton armé coulé en place, hourdis

en béton armé ou précontraint, ... L'ouverture d'une trémie dans un plancher ou une dalle nécessite d'observer et de comprendre comment l'**ossature du plancher** a été conçue.

Dans tous les cas, la création d'une ouverture implique de sectionner une partie relativement importante de la structure porteuse du plancher et de renforcer le reste de l'ossature. Le type de renfort à prévoir dépend de la taille de la trémie envisagée et de sa position dans le plancher (voir tableau A ci-dessus). D'une manière générale, on retiendra que si l'on sectionne plus d'un élément porteur du plancher, il est recommandé de faire appel à un bureau d'études en stabilité qui dimensionnera précisément le renforcement à prévoir.

Rigidification ou renforcement d'un plancher en bois

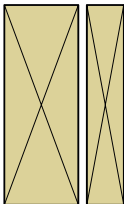
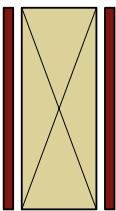
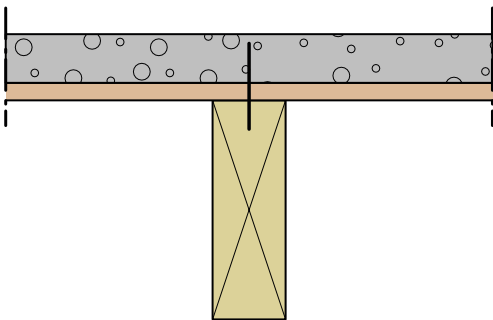
En comparaison avec un plancher en béton ou en acier, un plancher en bois est sensible aux déformations et aux vibrations (générées notamment par la marche). Lors de la rénovation d'un plancher en bois, on s'informera auprès de l'utilisateur pour savoir quel **niveau de déformabilité et de confort vibratoire** lui semble acceptable. On pourra ainsi choisir une composition adéquate de la structure du plancher. On se référera à l'article de la page 17, qui mentionne les portées maximales pour deux types de sections de poutres (7/18 cm et 8/23 cm) en fonction du critère de confort souhaité (déformation ou confort vibratoire).

Avant tout travaux de renforcement, il convient d'étaçonner le plancher afin d'assurer sa stabilité lors de la phase de travaux et d'éviter des déformations permanentes inacceptables. Les règles de bonne pratique pour l'étaçonner sont décrites dans l'article de la page 6.

Différents moyens de renforcement sont envisageables pour un plancher en bois. Le type de renforcement sera choisi selon le niveau de performances mécaniques et vibratoires visé, ainsi que selon la hauteur sous plafond disponible. D'autres considérations, comme le confort acoustique et la sécurité incendie, peuvent influencer le choix. Le tableau B ci-dessous montre trois exemples de renforcement et leur influence sur la rigidité d'un plancher en bois composé de solives de 7,5/22,5 cm.

B

Exemples de renforcement de la structure d'un plancher en bois.

Doublement des poutres au moyen de solives en bois avec appuis aux extrémités	
	• Rigidité x 1,5 (avec doublement en 3,5/22,5 cm) • Rigidité x 2 (avec doublement en 7,5/22,5 cm)
Renforcement à l'aide de plats métalliques sur toute la longueur de la poutre et boulonnage M12 tous les 50 cm	
	Rigidité x 5 (avec un plat de 180 x 8 mm d'épaisseur de chaque côté de la solive à renforcer)
Création d'un plancher bois-béton (voir le Dossier du CSTC 2009/4.6)	
	Rigidité x 8 environ (avec une dalle en béton de 50 mm reliée avec des goujons métalliques)

Quand la technologie peut sauver des vies...

De nombreuses innovations en matière de technologies numériques contribuent de manière significative à limiter ou à monitorer les risques liés à la stabilité d'un petit bâtiment, que ce soit dès sa phase de conception ou durant sa mise en œuvre, voire son exploitation.

B. Parmentier, ir., coordinateur 'Stratégie et innovation', CSTC
N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

Ces dernières années, l'application des technologies numériques dans le secteur de la construction entraîne un **gain de productivité, de qualité et de sécurité**. Cette révolution numérique s'appuie sur des réseaux de communication plus performants et des ordinateurs, tablettes ou smartphones aux puissances de calcul toujours plus grandes. Pour de plus amples informations, nous renvoyons le lecteur au [CSTC-Contact 2021/1](#), entièrement consacré à ces nouveaux outils.

Quand la stabilité est en jeu, ces outils aident principalement à prédire, à mesurer, à contrôler, à communiquer et à prendre (rapidement) des décisions. En effet, certains phénomènes d'instabilité se produisent parfois très vite et ont un impact dramatique pour les équipes sur chantier ou les occupants du bâtiment.

Exemples de mise en pratique

La **phase d'évaluation de l'existant** est souvent caractérisée par l'utilisation de technologies numériques. Ainsi, sur les petits chantiers, certaines dimensions sont très facilement relevées en 2D, voire en 3D, au moyen d'un distancemètre (ou distomètre) semi-automatique ou d'un smartphone sur lequel est installée une application de réalité augmentée ('Mesures' sur iOS, par exemple), ou encore à l'aide d'une tablette de dernière génération équipée d'un scanner LiDAR (*).

Le *motion measuring* (voir figure 1) requiert l'utilisation de capteurs internes ou éventuellement externes pour déterminer la position de l'appareil. Cette méthode permet de définir les coordonnées 3D et de mesurer les distances dans l'espace. D'autres aspects, tels que l'amplitude des angles et la planéité, peuvent également être vérifiés.

La photogrammétrie consiste à générer des relevés 3D de plus en plus facilement et en un rien de temps à partir d'une série de photos.

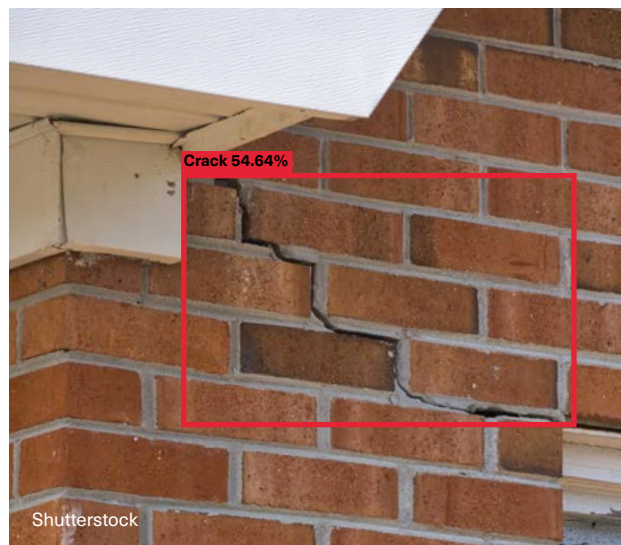
Toutes ces technologies peuvent s'avérer utiles pour réaliser très rapidement un devis ou un relevé avant d'établir une facture.

Les propriétés mécaniques (résistance et rigidité) peuvent être évaluées par des méthodes non destructives appliquées directement sur la structure ou sur un échantillon. Ces méthodes reposent sur la technologie radar, l'impact écho, les ultrasons, ... De la même manière, recourir aux scanners, pachomètres ou autres radars permet de localiser des armatures sans devoir carotter dans les ouvrages en béton.



1 Relevés 2D et 3D réalisés par *motion measuring* à l'aide de l'application 'Moasure'.

(*) Acronyme de *light detection and ranging* ou de *laser imaging, detection and ranging*.



2 Illustration du concept de reconnaissance automatique des pathologies (éclatements du béton et fissures).

La **phase d'exécution** n'est pas en reste et c'est sans doute sur le chantier que beaucoup de nouvelles technologies servent aujourd'hui à contrôler et à anticiper les risques de stabilité encourus durant les travaux. Ainsi, les stations totales, les inclinomètres ou encore le *scanning* sont utilisés pour vérifier rapidement si les tolérances ou le positionnement des éléments de la structure ou des armatures, par exemple, sont respectés. Sur le plan géotechnique, les travaux réalisés le long ou sous un bâtiment existant sont souvent menés en effectuant un monitoring continu des déformations. Ce monitoring compare les mesures effectuées avec les modèles prédictifs utilisés durant la phase de conception.

Dans certains cas, notamment lorsqu'on observe des fissures très importantes, des déformations anormales ou des éclatements, il est souhaitable de surveiller la stabilité du bâtiment également lors de la **phase d'utilisation**. Il s'avère parfois même utile d'effectuer un suivi continu pour anticiper tout risque d'effondrement. De nombreux instruments de mesure connectés permettent d'effectuer ce type de suivi. Ainsi, des fissuromètres peuvent désormais stocker leurs données en ligne (stockage sur un *cloud*, par exemple) et envoyer des alertes si des seuils sont dépassés. Ces systèmes étant désormais peu énergivores, ils bénéficient en outre d'une autonomie de plusieurs années si la fréquence de mesure n'est pas trop élevée. Enfin, des capteurs peuvent être introduits dans des cloisons en bois pour détecter des niveaux d'humidité anormaux susceptibles d'affaiblir la structure.

Futures applications

Ces dernières années, les **technologies d'apprentissage automatique** (apprentissage des machines par intelligence

www.digitalconstruction.be

Afin de vous faire une idée du grand nombre de nouvelles technologies numériques et des possibilités qui s'offrent à vous en tant qu'entrepreneur, vous trouverez de nombreuses démonstrations sur notre site Internet www.digitalconstruction.be.

artificielle) permettent aussi de reconnaître automatiquement d'éventuels dommages au moyen de séries de photos de l'ouvrage (murs d'un bâtiment, par exemple) (voir figure 2). De plus, elles offrent la possibilité de géolocaliser ces défauts. Il est ainsi possible de cartographier les dégradations et d'en observer l'évolution. On peut également recourir à la reconnaissance automatisée pendant l'exécution pour accélérer l'autocontrôle, résoudre les problèmes le plus tôt possible et réduire ainsi les coûts liés à leur résolution. Une étude en cours au CSTC confirme ce potentiel.

Conclusion

Il est nécessaire de bien définir l'objectif à atteindre, afin d'identifier la technologie la plus adaptée pour contrôler la stabilité d'un bâtiment. La gamme d'outils est large : on y retrouve des outils des plus simples aux plus élaborés. On choisira un système de mesure en tenant compte du volume de données à enregistrer, de la qualité des mesures, de la structuration des données enregistrées ainsi que de l'interface de consultation et des possibilités d'alertes automatisées. Par exemple, il existe aujourd'hui de nombreux outils fiables et faciles à utiliser pour l'interrogation et la visualisation à distance. Enfin, des innovations récentes et abordables permettent la prise rapide de décision. ◆



Antennes Normes et projets

Antennes Normes

Les Antennes Normes ont été créées à l'initiative du CSTC et sont subsidiées par le SPF Economie. Elles ont pour objectif d'informer le secteur de la construction sur les normes et les réglementations dans des domaines spécifiques. Les trois Antennes Normes suivantes fournissent de précieuses informations concernant certains sujets abordés dans cette édition thématique :

- Géotechnique
- Eurocodes structuraux
- Béton, mortier, granulats.

Études prénormatives

Le CSTC, en collaboration avec le SPF Economie et le Bureau de normalisation, est également à l'initiative de deux études prénormatives dédiées aux constructions temporaires, à savoir **Stepwise I et II**.

Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à nous contacter à l'adresse suivante : info@bbri.be.



Siège social

Rue du Lombard 42 • B-1000 Bruxelles
tél. 02/502 66 90 • fax 02/502 81 80
e-mail : info@bbri.be
www.cstc.be

Bureaux

Lozenberg 7 • B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tél. 02/716 42 11 • fax 02/725 32 12

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

Station expérimentale

Avenue Pierre Holoffe 21 • B-1342 Limelette
tél. 02/655 77 11 • fax 02/653 07 29

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17 • B-1020 Bruxelles
tél. 02/233 81 00

Colophon

Le CSTC-Contact est une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947.

Éditeur responsable : Olivier Vandooren, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et des recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger

La reproduction ou la traduction, même partielle, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

Révision linguistique : M. Brixhe, J. D'Heygere et A. Volant

Traduction : J. D'Heygere

Mise en page : J. Beauclercq et J. D'Heygere

Illustrations : G. Depret, R. Hermans et Q. van Grieken

Photos du CSTC : M. Sohie et al.

Un CSTC-Contact encore plus intéressant pour vous !

Le CSTC-Contact entame 2022 en faisant peau neuve et en proposant une nouvelle approche. Vous recevrez désormais un magazine contenant exclusivement des informations utiles pour votre métier. En effet, le CSTC-Contact sera dès à présent disponible en trois éditions différentes, dont l'une correspondra parfaitement à votre activité principale.



Édition 'Enveloppe'

Publiée en **avril** et en **octobre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises générales
- entreprises de gros œuvre
- menuisiers et vitriers
- entreprises d'étanchéité et de couverture de toiture

Édition 'Finitions'

Publiée en **juin** et en **décembre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- parqueteurs et carreleurs
- peintres et poseurs de revêtements souples
- entreprises de pierre naturelle
- plafonneurs et enduiseurs

Les entreprises générales et les menuisiers recevront cette édition également.



Édition 'Installations techniques'

Publiée en **août**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises de chauffage, de climatisation et de ventilation
- sanitaristes



Vous souhaitez recevoir d'autres éditions que celle correspondant à votre activité principale ? Rien de plus simple. Il vous suffit de compléter le formulaire en ligne via ce QR-code.

Ce QR-code vous permet également de vous inscrire à notre newsletter.

