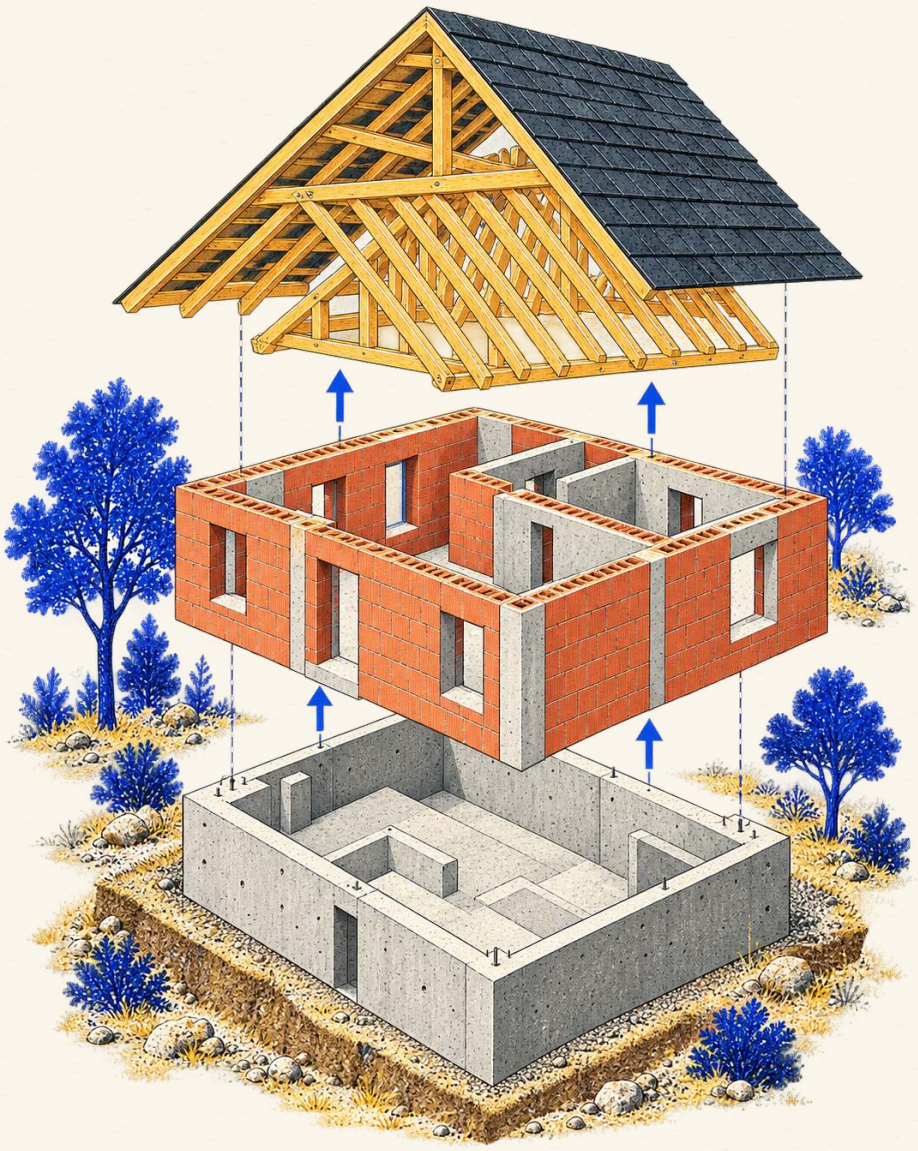
Build
Your Home

ÉDITION FRANÇAISE

Construire sa maison, simplement

DU TERRAIN À L'EMMÉNAGEMENT



Build Your Home

13 chapitres · 2 annexes · 87 illustrations

Édition 0.10.79-fr.4

SOMMAIRE

Sommaire

Sélectionnez un titre pour accéder au chapitre.

Avant-propos 2

01 Les notions essentielles 6

02 Quel type de maison construisez-vous vraiment ? 31

03 Terrain, implantation et raccordements 45

04 Projet, budget et autorisations 53

05 Le métré et le devis : du projet à l'offre 63

06 Les personnes, les devis et les accords 68

07 Préparer le chantier 78

08 Terrassements et fondations 84

09 Structure, planchers et toiture 100

10 L'enveloppe, l'isolation, la façade et les menuiseries 132

11 Réseaux, chauffage et eau 155

12 Travaux intérieurs et finitions 176

13 Réception, utilisation et entretien 210

Annexe A : Outils pratiques 215

Annexe B : Systèmes complémentaires et aménagements extérieurs 217

Glossaire 222

Références 229

CHAPITRE

Terrassements et fondations

Les fondations assurent la transition entre la maison et le sol

Une fondation n'est pas simplement un bloc de béton au pied de la maison. Elle doit reprendre les charges de la structure porteuse et les transmettre au sol sans provoquer de tassement, de déplacement ni de fissuration inacceptables. Elle est également en contact avec l'humidité du sol, les canalisations et les aménagements extérieurs. Les choix concernant les éléments situés sous la maison doivent donc être faits ensemble, avant qu'ils ne deviennent inaccessibles.

Quelques minutes avant le coulage, chaque canalisation, raccord et armature est encore visible. Quelques heures plus tard, il ne reste qu'une surface grise et lisse. Dans la construction, ce moment où tout est encore visible, juste avant de disparaître, est souvent plus important qu'une photo de l'ouvrage terminé.

À la fin de ce chapitre, vous saurez

- distinguer le sol, les fondations porteuses et la dalle ;
- comprendre pourquoi le type de fondation et son ferraillage sont définis par le projet ;
- reconnaître le rôle du compactage, des traversées, de la mise à la terre et de la mise en œuvre du béton ;
- distinguer l'étanchéité, la coupure capillaire et le drainage.

Le projet commence par l'étude du sol

Une surface plane peut dissimuler des remblais, de l'argile, du sable, de la roche, une nappe phréatique ou des couches de portance différente. Les données géotechniques aident le concepteur de la structure à choisir le type de fondation et la préparation du terrain. La maison du voisin peut fournir une indication utile, mais la décision doit s'appuyer sur les données propres à votre terrain.

Le géomètre matérialise sur le terrain l'emplacement prévu de la maison : c'est l'implantation. Avant de creuser, vérifiez les axes, les distances par rapport aux limites, les altitudes et l'endroit où la terre pourra être déposée en toute sécurité.

Quelques types courants de fondations

Avec des semelles filantes, les murs porteurs reposent sur des bandes continues de béton. Dans une maison sans sous-sol, l'espace entre les semelles n'est généralement pas laissé vide : il est préparé, puis rempli de matériaux pierreux adaptés et compactés, avant la réalisation d'une dalle de sol et des différentes couches du plancher. Avec un radier, une dalle en béton armé plus étendue répartit les charges sur presque toute l'emprise de la maison. Il existe aussi d'autres solutions, notamment les semelles isolées, les longrines, les pieux et leurs combinaisons.

Dans le langage courant, l'expression « dalle morte » désigne souvent une couche de béton non porteuse ou peu sollicitée, intégrée aux fondations. Le terme est imprécis : vérifiez toujours sur le plan s'il s'agit d'un radier porteur, d'un béton de propreté ou d'une dalle de sol. Deux éléments peuvent se ressembler tout en remplissant des fonctions complètement différentes.

Ne choisissez pas une solution en vous fondant uniquement sur le prix du béton ou la quantité d'acier. La comparaison doit prendre en compte le terrassement, le coffrage, les armatures, le béton, l'isolation thermique et l'étanchéité, les couches de plancher, le délai d'exécution et les risques liés au sol concerné.

Figure 24. Trois façons différentes de transmettre les charges de la maison au sol



À gauche, les murs porteurs reposent sur des semelles filantes ; entre celles-ci, des matériaux pierreux compactés supportent une dalle de sol indépendante, familièrement appelée « dalle morte ». Au centre, le radier porteur répartit les charges sur toute l'emprise de la maison. À droite, des poteaux transmettent les charges à des semelles isolées reliées par des longrines de fondation. L'illustration montre la différence de principe ; elle ne permet pas de choisir un système ni d'en fixer les dimensions ou les armatures.

Venise : une ville que le bois aide à faire tenir sur l’eau

Sous de nombreux bâtiments historiques de Venise se trouvent des pieux en bois enfoncés dans le sol, ainsi que des éléments de fondation horizontaux en bois. À première vue, cela peut sembler étonnant : nous cherchons à protéger le bois de l’humidité, et pourtant il participe ici aux fondations, au milieu d’une lagune. [216]

Tout dépend des conditions. Dans un sol durablement saturé d’eau, le manque d’oxygène peut ralentir certaines formes de dégradation biologique. Cela ne transforme pas pour autant le bois en pierre et ne le rend pas éternel. Des études du CNR italien ont également mis en évidence une dégradation importante des pieux en bois, dont l’ampleur varie selon les endroits. Dans les cas étudiés, l’action conjointe du bois et du sol compact qui l’entoure a permis de préserver la capacité portante du système, malgré l’affaiblissement du bois. [216] [217]

Venise montre bien pourquoi il ne faut pas considérer les fondations indépendamment du sol et de l’eau. La capacité portante dépend de leurs interactions. Pour une maison neuve, il est plus utile de comprendre la nature de son propre terrain que de reprendre une forme de fondation qui fonctionne depuis des siècles sur un autre site.

Ce qui se trouve sous le béton

Le fond de fouille doit être protégé contre le détrempage et les circulations inutiles. Le projet peut prévoir le remplacement d’une partie du sol par des couches de granulats, compactées par épaisseurs successives contrôlées à l’aide d’un matériel adapté. Sur les chantiers, on appelle parfois « grenouille » la plaque vibrante ou un engin de compactage similaire. Le degré de compactage obtenu est vérifié selon la méthode définie par le projet ou dans le cadre du suivi géotechnique.

Figure 25. La plaque vibrante, souvent appelée « grenouille » sur les chantiers



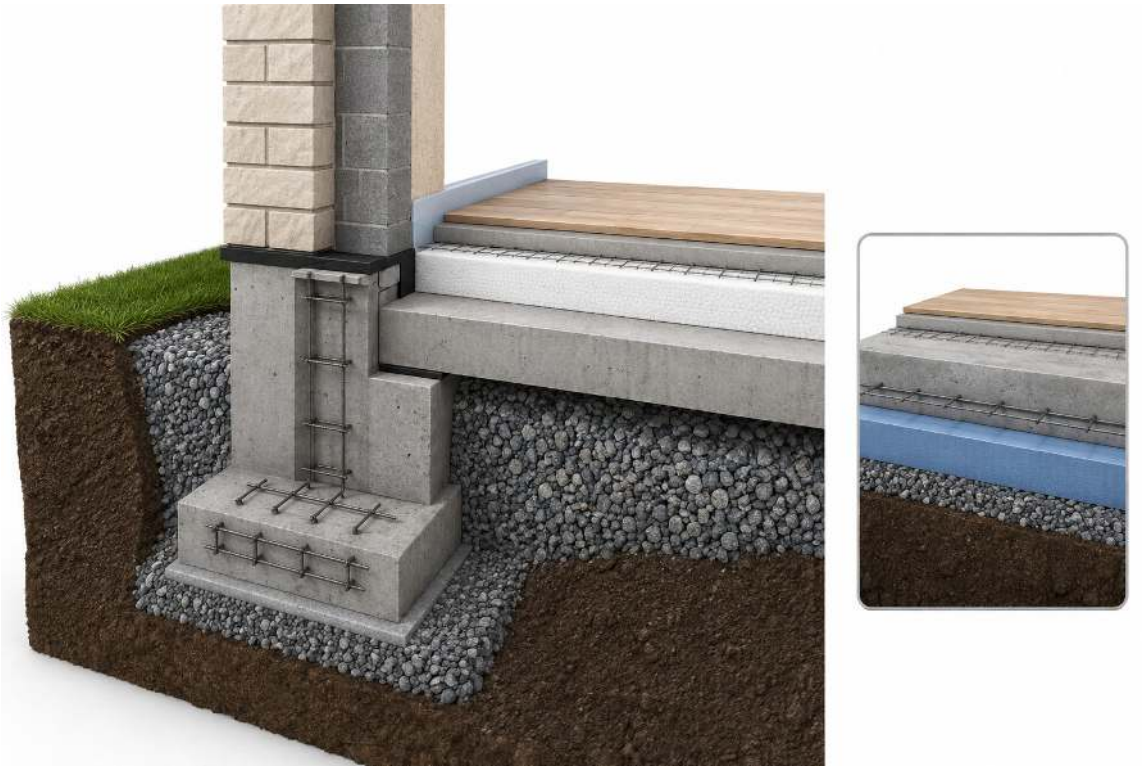
Le moteur entraîne une lourde plaque inférieure dont les vibrations contribuent au compactage de la couche de matériaux pierreux. [73]

Sous le dallage ou le radier peuvent se trouver une couche de matériaux pierreux compactés, un béton de propreté, une isolation thermique et des membranes contre l'humidité ou les remontées de gaz du sol. Leur ordre de mise en œuvre ne suit pas une recette universelle. L'essentiel est d'assurer leur continuité : une membrane percée autour d'une canalisation ne constitue plus une barrière continue. [56] [57]

Le projet peut également prévoir la pose de XPS à haute résistance à la compression sous le radier. Le XPS, ou polystyrène extrudé, est un isolant thermique rigide qui résiste à l'humidité et à des charges de compression plus élevées que beaucoup de panneaux isolants courants. Cette solution doit s'intégrer à un système de fondation calculé. Il ne s'agit pas d'acheter n'importe quel « polystyrène dur » et de le glisser sous les fondations sur le chantier sans étude préalable. [60]

Au-dessus du radier ou du dallage, et sous la chape, on trouve généralement une couche d'isolation thermique ou acoustique. Il s'agit souvent de PSE adapté, c'est-à-dire de polystyrène expansé, dont l'appellation courante varie selon les pays ; sa nature et sa résistance à la compression doivent toutefois être adaptées à un usage sous chape. La chape ne doit pas reposer sur un panneau souple destiné à l'isolation des façades, choisi simplement parce qu'il lui ressemble. [61]

Figure 26. La fondation porteuse et le sol fini ne sont pas une seule et même couche de béton



La coupe principale montre le sol, une couche de granulats compactés, le béton de propreté, une semelle filante, une coupure contre les remontées capillaires sous le mur, un dallage indépendant et l'isolation sous la chape et le revêtement. La coupe détaillée présente une variante de conception possible, avec du XPS à haute résistance à la compression sous le radier. L'ordre des couches et leurs caractéristiques réelles sont définis par les études de structure, d'humidité et de performance thermique.

Comment les armatures aident le béton à résister à la traction et à maîtriser la fissuration

Le béton résiste bien à la compression, tandis que les armatures en acier contribuent à reprendre les efforts de traction et à maîtriser la fissuration. Le diamètre et le nombre des barres, leur espacement, leurs recouvrements, leur ancrage et leur position sont définis par l'étude de structure. Il est impossible de recommander un nombre de « lits de ferraillage » sans connaître les dimensions, les charges et la nature du sol. [190]

Un treillis soudé de type Q est constitué de fils d'acier soudés en usine et disposés selon deux directions perpendiculaires. La lettre et le chiffre de sa désignation commerciale correspondent à un type de treillis donné, mais leur signification et les dimensions disponibles sont à vérifier dans la documentation produit en vigueur sur le marché concerné. La désignation « type Q » ne suffit donc ni pour passer commande ni pour remplacer un plan de ferraillage. [69]

Dans un élément mince ou simple, l'étude peut prévoir un seul treillis ; dans une dalle plus épaisse ou davantage sollicitée, elle peut prévoir des armatures en nappes inférieure et supérieure. Le choix ne dépend pas seulement de l'épaisseur du béton : il tient compte des

portées, des appuis, des charges, des ouvertures et du comportement de la dalle. Lorsque deux nappes sont prévues, elles doivent rester aux deux niveaux définis par le projet et être maintenues par des cales, des chaises et des ligatures. Deux treillis affaissés l'un sur l'autre ne constituent pas deux nappes d'armatures efficaces. [190]

Figure 27. Treillis soudé de type Q et deux niveaux d'armatures prévus par le projet



À gauche, un treillis soudé en acier est maintenu au-dessus du coffrage par des cales. À droite, une coupe schématique montre les nappes inférieure et supérieure d'une dalle épaisse. Le type exact de treillis, sa position, les recouvrements et l'enrobage sont toujours indiqués sur le plan de ferraillage.

Avant le bétonnage, vérifiez que les armatures ne reposent pas directement sur le sol, qu'elles respectent l'enrobage prévu au projet, que les ouvertures et les réservations sont au bon endroit et que l'ensemble restera stable pendant le coulage. Ces erreurs sont difficiles à corriger après le bétonnage. [190]

Les évacuations, l'alimentation en eau et les traversées électriques se prévoient avant le bétonnage

Les canalisations d'évacuation et d'alimentation en eau, les gaines de protection des câbles électriques et d'autres réseaux passent souvent dans ou sous les fondations. Avant le bétonnage, établissez un plan coordonné de toutes les traversées nécessaires, en précisant leur position, leur diamètre et leur hauteur, puis mettez-le en cohérence avec les plans de structure et des réseaux. Une gaine en attente peut coûter peu ; carotter ensuite un élément porteur ou creuser à nouveau coûte bien davantage.

Les grosses canalisations d'évacuation ne se comparent pas à une petite conduite d'alimentation en eau ou à un câble électrique. Une évacuation doit avoir le diamètre prévu et une pente continue ; une fois le béton coulé, il n'est donc pas facile de la déplacer de quelques centimètres. Le passage à travers une fondation, une poutre ou une dalle doit par conséquent être prévu sur plan, avec une gaine de protection adaptée ou un autre dispositif conçu à cet effet, avant le bétonnage. Il ne faut pas faire passer une canalisation au hasard à travers les armatures ni réduire la section porteuse sans l'accord de l'ingénieur structure. [49] [221]

Les petites conduites peuvent parfois être posées ultérieurement dans une réservation technique ou une saignée peu profonde dans un mur, mais ce n'est pas une raison pour reporter les grosses traversées. La règle à retenir est simple : plus une canalisation est de gros diamètre, rigide et dépendante d'une pente, plus la décision doit être prise tôt.

Figure 28. Les grosses traversées d'évacuation se prévoient avant le bétonnage



À gauche, une grosse canalisation d'évacuation est installée dans une réservation prévue et coordonnée avant le bétonnage. À droite, le choix est reporté à la fin des travaux de la dalle : le nouveau tracé nécessite alors un repérage, l'accord de l'ingénieur structure et un carottage spécialisé, voire une excavation supplémentaire. Comme les évacuations, les traversées et les gaines de protection nécessaires à l'alimentation en eau et aux réseaux électriques se prévoient avant le bétonnage. Le schéma est indicatif ; le diamètre, la pente, la position et l'étanchéité sont définis par les plans de structure et des réseaux.

La prise de terre en fond de fouille est un conducteur métallique incorporé au béton des fondations et relié en boucle conformément à l'étude électrique. Elle contribue à protéger les personnes et l'installation électrique en reliant la maison à la terre et au système d'équipotentialité. Elle ne se confond pas avec la partie visible du paratonnerre sur le toit, même si le système extérieur de protection contre la foudre peut utiliser le même dispositif de mise à la terre, conçu à cet effet. [62]

Pour comprendre son importance, il suffit d'imaginer une panne d'appareil. Si un conducteur endommagé met dangereusement sous tension une enveloppe métallique, le dispositif de protection doit offrir au courant de défaut un chemin prévu à cet effet et permettre au dispositif de protection de couper rapidement l'alimentation. La liaison équipotentielle réduit les différences de tension dangereuses entre des pièces métalliques qu'une personne pourrait toucher simultanément. Le bon fonctionnement de la protection est confirmé par une réalisation conforme au projet et par les mesures électriques requises. À défaut, il subsiste un risque d'électrocution mortelle, de surchauffe ou d'incendie. [62]

Lorsque les fondations sont séparées du sol par une isolation thermique ou une autre couche de forte résistivité électrique, une boucle de terre résistante à la corrosion, posée dans le sol à l'extérieur du béton, peut être nécessaire, ainsi qu'une liaison équipotentielle supplémentaire dans la structure. Le conseil « prévoyez toujours quatre branches et prolongez-en deux sur dix mètres » ne constitue donc pas une règle générale fiable. Le nombre de sorties, leur emplacement, les matériaux, les raccordements et le lien avec le paratonnerre sont définis par un concepteur électricien habilité, en fonction de la construction et des règles locales. [62]

Dans tous les cas, un point reste commun : le système doit être conçu, raccordé, inspecté, mesuré et photographié avant le bétonnage. Ajouter après coup un conducteur en boucle dans des fondations déjà achevées est difficile et coûteux.

Figure 29. La prise de terre en fondation et la boucle de terre dépendent du type de fondation



La vue principale montre un conducteur métallique fermé en boucle, relié aux armatures des fondations filantes et doté de plusieurs points de raccordement prévus à cet effet. La coupe isolée montre un conducteur en boucle dans le sol, sous un dallage de fondation thermiquement désolidarisé. L'illustration présente deux principes possibles, sans imposer le matériau, le nombre de sorties, leur espacement ni les raccordements.

Mise en œuvre du béton frais

Le béton frais doit être livré, mis en place, compacté et entretenu conformément à la formulation prévue et aux conditions du chantier. Le compactage consiste à aider le béton frais à remplir le coffrage et à enrober les armatures, tout en évacuant les grosses poches d'air accidentellement emprisonnées. Un compactage insuffisant peut laisser des nids de cailloux et des nids d'abeilles, réduire la résistance et accroître la perméabilité. [65] [66]

L'outil le plus courant est l'aiguille vibrante : un moteur entraîne, par l'intermédiaire d'un flexible, une tête vibrante cylindrique que l'on plonge de manière maîtrisée dans le béton frais. Les vibrations rapides réduisent temporairement les frottements entre les particules du granulat. Le mélange se tasse alors plus facilement sous l'effet de la gravité, remplit les angles et les espaces entre les barres d'armature, tandis que les grosses bulles d'air emprisonnées remontent à la surface. [67] [68]

Le vibrateur externe transmet les vibrations par le coffrage lorsque l'aiguille ne peut pas atteindre une partie de l'ouvrage de manière sûre ou efficace. La règle vibrante agit depuis la surface et contribue à la fois au compactage et au nivellement des dalles adaptées à cette méthode. Ces trois termes ne désignent pas des outils interchangeables. La méthode, le diamètre de la tête, l'espacement et la durée d'immersion dépendent du béton, de la géométrie de l'ouvrage, de la densité des armatures et du plan de bétonnage. [67]

Un vibrateur n'est pas une pelle destinée à pousser un tas de béton jusqu'à l'autre extrémité du coffrage. Cette pratique peut séparer les constituants et produire un ouvrage hétérogène. Mais vibrer plus longtemps n'est pas forcément mieux. Dans un béton sensible ou mal dosé, une vibration excessive peut provoquer la ségrégation, c'est-à-dire la séparation des constituants : les gros granulats se déposent au fond, tandis que les particules fines, la pâte de ciment et une partie de l'eau remontent à la surface. La section n'est alors plus homogène. Il ne s'agit pas d'une séparation littérale du ciment sec, et un béton courant correctement dosé et de consistance adaptée ne se ségrège pas facilement si le compactage dure un peu plus longtemps. [192] [193]

À un endroit donné, le compactage est terminé lorsque le mélange s'est tassé, que les grosses bulles d'air emprisonnées cessent de remonter et que la surface devient uniformément humide. Un vibrage insuffisant peut encore laisser de grandes cavités : il ne faut donc pas gagner du temps en sautant des zones. Il n'existe pas de durée valable pour tous les mélanges et tous les éléments ; l'entreprise adapte la méthode au béton, au coffrage et aux armatures. Le béton autoplaçant est formulé pour remplir le coffrage avec peu ou pas de vibrage supplémentaire : il faut donc suivre les consignes spécifiques qui s'y appliquent. [66] [193]

Figure 30. L’aiguille vibrante aide le béton frais à remplir le coffrage et à évacuer les grosses poches d’air emprisonnées



À gauche, une aiguille vibrante est plongée verticalement dans le béton frais ; un léger filet de bulles remonte à la surface. La coupe de droite montre volontairement des nids de gravier dus à un remplissage et à un compactage insuffisants. L’illustration en explique le principe ; le responsable des travaux détermine l’emplacement, la profondeur et la durée d’immersion en fonction de la formulation du béton et de la géométrie de l’élément.

Après sa mise en œuvre, le béton doit être protégé contre une perte d’eau trop rapide, les températures extrêmes et les charges appliquées trop tôt. Une surface qui semble dure ne signifie pas que l’ouvrage a atteint les caractéristiques prévues au projet. [68]

Trois fonctions distinctes de protection contre l’eau

L’étanchéité est une couche continue qui empêche l’eau de traverser la structure. Les membranes bitumineuses ne sont qu’une famille de produits parmi d’autres ; il existe également des membranes et des revêtements minéraux ou polymères adaptés à différents supports et niveaux d’exposition.

Ce que l’on appelle « lepenka » sur les chantiers

Le terme lepenka désignait à l’origine d’anciennes bandes souples, dotées d’une armature fibreuse et imprégnées de goudron ou de bitume. Aujourd’hui, il s’agit le plus souvent de membranes bitumineuses fabriquées en usine, dotées d’une armature et de finitions variées. Le bitume est principalement issu du raffinage du pétrole, mais tous les rouleaux noirs ne sont pas pour autant identiques. [63] [71] [72]

Comment protégeait-on les bâtiments de l’eau avant l’apparition des membranes bitumineuses ?

Vous vous demandez peut-être comment on construisait avant l’apparition des membranes bitumineuses fabriquées en usine. La réponse n’est pas qu’il existait une « Iepenka » oubliée datant de l’époque des anciennes cathédrales. En règle générale, les cathédrales médiévales et les autres constructions traditionnelles en maçonnerie ne comportaient pas de coupure de capillarité horizontale continue sur toute l’épaisseur du mur, comme c’est le cas aujourd’hui. Leurs épais murs de pierre et leur mortier de chaux — un liant composé de chaux, de sable et d’eau — pouvaient absorber une partie de l’humidité, puis la relâcher progressivement par évaporation. Toitures, gouttières, drainage au pied des murs et joints à la chaux perméables à la vapeur faisaient donc partie intégrante de la protection contre l’eau ; ce n’étaient pas de simples finitions. [72] [121]

Dans les constructions anciennes, le métal jouait un rôle important, notamment sous la forme de couvertures en plomb, de solins ou de protections en tôle aux endroits où la toiture et le mur canalisaient la pluie. Il ne faut toutefois pas en conclure qu’une feuille de métal était posée sous chaque mur d’ancienne cathédrale. Une telle affirmation doit être étayée par un plan vérifié ou par des observations portant sur le bâtiment concerné. Les coupures de capillarité horizontales dans les murs ne se sont généralisées que dans la seconde moitié du 19e siècle. Selon le bâtiment et la région, elles étaient réalisées en plomb, en ardoise, en briques denses ou avec une couche bitumineuse. [72]

C’est une étape modeste, mais importante, dans l’histoire de la construction. Avant les systèmes modernes de membranes, le bâtisseur cherchait d’abord à tenir l’eau à distance du mur : il surélevait le soubassement par rapport au terrain alentour, faisait déborder la toiture au-delà de la façade et éloignait l’eau des fondations grâce aux gouttières. Le mortier et l’enduit à la chaux ne formaient pas une enveloppe étanche ; ils permettaient au mur de sécher après la pluie. Lorsqu’on a commencé à intégrer une coupure horizontale, le plomb a été l’un des matériaux durables que l’on pouvait poser dans un joint de lit — le joint horizontal entre deux rangs de maçonnerie — pour empêcher les remontées d’humidité. On utilisait aussi de l’ardoise et d’autres matériaux plus denses, puis des produits bitumineux. [72] [121]

Imaginez une fine bande grise de plomb dissimulée dans le mur : presque invisible, elle interrompt le chemin que l’eau pourrait emprunter à travers les pores pour remonter vers les rangs de briques ou de pierres. Le principe constructif est le même que celui d’une bande moderne, mais il ne s’agit pas du même produit et il ne faut pas supposer qu’on en trouve dans tous les bâtiments anciens. Les églises historiques, en particulier celles construites avant le 20e siècle, ne possèdent souvent aucune coupure horizontale contre l’humidité. Il faut donc comprendre leurs problèmes d’humidité en examinant l’ensemble formé par la toiture, le terrain, l’évacuation des eaux et les joints de maçonnerie. [72]

Cela illustre un changement de logique. Un mur ancien cherchait surtout à absorber une petite quantité d’humidité sans dommage, puis à l’évacuer ; un mur moderne est conçu pour intercepter l’eau à un endroit précis et l’éloigner. La membrane bitumineuse de l’image suivante relève de cette seconde logique : ce n’est pas une simple bande noire décorative, mais un élément d’un dispositif continu qui bloque les remontées capillaires avant le premier rang de maçonnerie.

Une bande peut être déclarée comme coupure contre les remontées capillaires sous le premier rang de maçonnerie, une autre comme étanchéité horizontale sous le plancher, et une troisième comme protection d'un mur enterré extérieur ou d'une toiture. Elles diffèrent par leur armature, leur épaisseur, leur souplesse, leur mode de collage, leur résistance et les conditions d'exposition admises. Sous l'isolation du plancher ou la chape, une bande peut faire partie d'un complexe conçu à cet effet, mais son emplacement dépend de la présence d'eau et de vapeur, du support et de la liaison avec l'étanchéité des murs. [63] [64] [94]

Lorsque la fiche technique de la membrane bitumineuse choisie le prévoit, on applique d'abord un primaire bitumineux compatible sur le support propre et solide. Sur les chantiers, vous pourrez entendre les noms commerciaux ou régionaux Resitol et Bitulit. Ce primaire pénètre dans le support, fixe les poussières résiduelles et améliore l'adhérence de la membrane au béton, à la maçonnerie ou au mortier de ciment. À lui seul, il ne constitue pas une couche d'étanchéité. À titre d'exemple, la fiche technique de Resitol exige que le primaire soit complètement sec avant l'application des couches suivantes et précise qu'un produit contenant des solvants peut être inflammable. [70]

N'appliquez pas n'importe quel revêtement noir sous n'importe quel rouleau noir. Une membrane autocollante, soudée ou fixée mécaniquement peut nécessiter une préparation différente. Le support, le primaire, la membrane, le temps de séchage et le mode de collage doivent former un système compatible, conformément aux instructions techniques et de sécurité en vigueur. [63] [70]

Sous une lisse en bois posée sur un appui en maçonnerie ou en béton, une coupure contre l'humidité peut également être nécessaire. Ne partez toutefois pas du principe que toute bande de feutre bitumé convient. Le projet doit prendre en compte l'humidité, l'ancrage du bois et la continuité des autres couches.