

CHAPITRE 4 : LE BETON DURCI

(p. 3)

Le béton durci est un matériau hétérogène : un 'squelette' de granulats gros et fins est enveloppé et lié par un 'tissu' de fibres d'hydrates de ciment. La qualité du béton à l'état durci dépend des caractéristiques du squelette pierreux, de la pâte de ciment durcie, et de l'adhérence entre les deux.
L'obtention des performances théoriquement possibles du béton est déterminée en grande partie par une mise en œuvre correcte.

(p. 4)

Après durcissement, la 'peau' du béton est composée principalement de ciment hydraté.
Par rapport au noyau, la zone superficielle du béton fraîchement coulé contient moins de gros granulats, mais plus de sable, plus de grains de ciment et plus d'eau. La qualité de cette zone, dont l'épaisseur correspond à environ la moitié du D_{max} , est essentielle pour la durabilité du béton.

(p. 5)

Un béton compact, c.-à-d. dont le rapport E/C est le plus bas possible et qui a été serré selon les règles de l'art, résistera le plus longtemps aux diverses agressions.

(p. 6)

Dans les processus chimiques et physiques qui influent sur la durabilité, le transport d'eau, de vapeur d'eau et de matières dissoutes (par ex. des sels) à l'intérieur du béton joue un rôle crucial. La vitesse, l'ampleur et l'effet de ce transport dépendent surtout de la structure des pores capillaires de la pâte de ciment durcie.
L'évaporation de l'eau des capillaires entraîne le retrait du béton (retrait hydraulique ou de dessiccation). L'humidification fait à nouveau gonfler le béton, mais sans qu'il n'atteigne son volume original.
L'eau se trouvant dans les pores de gel et entre les lamelles des hydrates (eau interstitielle) n'est expulsée qu'à de hautes températures.

(p. 7)

Le nombre de pores capillaires diminue au fur et à mesure que l'hydratation progresse : la circulation d'eau et de vapeur d'eau (diffusion) devient de plus en plus difficile.
Pour un E/C de 0,4, il ne reste pratiquement plus de capillaires continus après l'hydratation du ciment.
A partir de 0,7, les pores forment un réseau continu, même après hydratation complète.

(p. 8)

L'hydratation du ciment prend du temps. La vitesse d'hydratation est entre autres déterminée par le type de ciment et le rapport eau/ciment. La résistance à la compression à 28 jours sert de valeur-repère, mais l'hydratation – en particulier des plus gros grains de ciment – se poursuit encore pendant des mois et fait augmenter la résistance. Surtout pendant les premières heures et premiers jours, la température du béton (c.-à-d. à l'intérieur de la masse) est une donnée importante. Une température trop élevée provoque le durcissement 'précipité' de la pâte de ciment, ce qui se traduit par une réduction de la résistance finale.
(NB: Le temps est indiqué sur une échelle logarithmique.)

(p. 9)

Les échantillons sont confectionnés afin de pouvoir contrôler les caractéristiques du béton par des essais en laboratoire. Les résultats de ces essais – par ex. masse volumique, résistance à la compression, absorption d'eau... – sont soumis à une analyse statistique.
L'échantillonnage du béton frais est généralement effectué au moyen de moules de forme cubique.
Le carottage (extraction d'éprouvettes cylindriques) sert à prélever des échantillons d'un ouvrage existant, tel un revêtement de route.

(p. 10)

Les éprouvettes sont positionnées entre les deux plateaux d'une presse hydraulique et comprimées jusqu'à leur rupture. Cette rupture ne s'opère pas par écrasement, mais par cisaillement sur des facettes inclinées à 45°. Des éprouvettes petites et compactes nécessitent une pression plus importante que des éprouvettes grandes et minces. Des facteurs de conversion permettent de comparer les résultats des essais pour différents formats et formes d'éprouvettes, par ex. $f_{c\ cub\ z150} = 1,265 f_{c\ cyl\ \varnothing150\ h300}$

(p. 11)

Après remplissage du moule, celui-ci est dérasé. La face supérieure du cube n'est donc pas parfaitement plane et lisse. C'est pourquoi le cube est posé de chant dans la presse.
Si l'éprouvette cède suivant une géométrie inhabituelle, la valeur mesurée ne sera pas prise en compte. Il est toutefois utile d'essayer de retrouver la cause de l'anomalie, par ex. une mauvaise composition du béton, un malaxage ou compactage insuffisant, la préparation peu soignée de l'éprouvette...

(p. 12)

Le béton est un matériau pierreux. Sans armature il n'est pas capable de reprendre des forces de traction importantes. Certains produits non armés doivent toutefois résister à des contraintes de traction : pavés, bordures, tuyaux...

(p. 13)

La résistance à la traction pure est rarement déterminée par traction directe sur des éprouvettes cylindriques, l'essai étant trop délicat à mener. Pour cette raison, elle est déduite, soit de la résistance à la traction par fendage (essai brésilien), soit de la résistance à la flexion. Ces essais sont réalisés sur des éprouvettes cylindriques ou prismatiques.

(p. 14)

En absence d'essais de traction, la résistance à la traction (moyenne et valeur caractéristique) peut être estimée au départ de la résistance caractéristique à la compression.

(p. 15)

Si le niveau de résistance du béton est important, la régularité de cette caractéristique l'est tout autant, sinon davantage. La résistance moyenne f_{cm} du béton, même élevée, ne saurait caractériser un bon béton, si les écarts entre les résultats extrêmes et cette moyenne sont élevés. Pour cette raison, la résistance requise et prescrite est celle dite 'caractéristique' (f_{ck}). Dans 95 % des cas, la résistance mesurée doit être supérieure à f_{ck} . Plus la résistance caractéristique est basse, plus la dispersion des résultats est grande, et plus le risque d'une défaillance locale est élevé.

(p. 16)

Un élément de structure, p. ex. une poutre en béton, se déforme parce qu'il est soumis à des forces, notamment la gravité et toutes sortes de sollicitations. Ces forces entraînent des contraintes de compression, de traction, et de cisaillement, ainsi que des moments de flexion.

(p. 17)

Le module d'élasticité E d'un matériau (ou module de Young) exprime le rapport entre la contrainte et la déformation unitaire. Plus E est élevé, et plus le matériau est dur, peu déformable.

Pour certains matériaux, tel l'acier, le module d'élasticité est une constante. Dans le cas du béton, E varie :

- selon la qualité : plus la résistance à la compression est grande, plus E est élevé;
- en fonction du niveau de contrainte : la déformation s'accélère lorsque la contrainte croît. En effet, l'inclinaison de la tangente à la courbe devient moins raide.

(p. 18)

La norme NBN B15-002 choisit conventionnellement un module d'élasticité sécant. Celui-ci est un compromis entre le module d'élasticité tangent à l'origine et celui au droit où le béton est sollicité à 40 % de sa rupture (sollicitation de service).

(p. 19)

Comme la détermination de E_c par essai est complexe, il est plutôt calculé suivant la formule ci-dessus.

Afin d'évaluer la régularité des caractéristiques d'un béton, ou leur évolution dans le temps, il existe des essais non destructifs qui ont trait à la rigidité du béton : vitesse du son (NBN B15-229), fréquence de résonance (NBN B15-230), dureté superficielle (NBN B15-225). Ces essais procèdent par comparaison avec un béton témoin de même composition et de caractéristiques connues.

(p. 20)

Le retrait chimique est dû au fait que le ciment hydraté occupe un volume plus petit que la somme des volumes du ciment et de l'eau. Le retrait plastique est causé par l'évaporation de l'eau de gâchage. Le retrait de dessiccation (retrait hydraulique) résulte de l'évaporation de l'eau des pores du béton durci suivie de la contraction des pores par les forces capillaires. Le retrait endogène (retrait par auto-dessiccation) intervient lorsque les pores de plus en plus fins extraient l'eau des pores plus grands, provoquant la contraction de ces derniers. Ce phénomène n'est important que dans le cas de bétons à rapport $E/C < 0,45$ et teneur élevée en ciment, tel le béton à hautes performances (BHP).

(p. 21)

Situation dans le temps des différents phénomènes de retrait.

(p. 22)

Déformabilité et résistance mécanique pendant la première phase de l'hydratation.

(p. 23)

La face supérieure de la dalle se rétracte plus que la face inférieure, provoquant le soulèvement des coins de la dalle – phénomène de 'curling' – et la fissuration de celle-ci (figure du haut).
L'hydratation du ciment produit de la chaleur. Après durcissement, le béton refroidit. Toutefois, l'ancrage dans la fondation empêche que le retrait se répartisse uniformément sur l'ensemble de l'ouvrage, ce qui entraîne des contraintes de traction. Lorsque celles-ci deviennent trop importantes, des fissures apparaissent (figure du bas).

(p. 24)

Revêtements de sols : par le sciage de joints, la fissuration s'opère de façon contrôlée.
Parois : le phénomène de retrait empêché demande une attention particulière lors de la construction de caves, citernes, etc. dont l'étanchéité doit être garantie. Afin d'anticiper sur la fissuration éventuelle par retrait empêché, l'ouvrage sera compartimenté et une armature de retrait doit être prévue.

(p. 25)

Rapport eau-ciment : le plus bas possible.
Stabilité du mélange : granulométrie continue, dosage correct en fines, teneur suffisante en ciment.
Homogénéité du mélange, pas de ségrégation : moyens de transport et de compactage adéquats.
Protection/traitement : faire surtout attention en cas de temps chaud et sec et lorsqu'il y a beaucoup de vent (évaporation rapide de l'eau de gâchage), mais également par temps froid (hydratation plus lente).

(p. 26)

Sous charge de compression constante, le béton poursuit sa déformation première (dite instantanée) durant un temps plus ou moins long. Ce phénomène est appelé fluage.
Lorsque la charge est enlevée, le béton se 'redresse', neutralisant la déformation instantanée. Une partie de la déformation due au fluage reste toutefois irréversible.

(p. 27)

Les moyennes indiquées donnent seulement une idée de l'ordre de grandeur du coefficient de fluage. Le moment de mise en charge est un facteur très important : plus le béton est jeune, plus le fluage sera important. Le coefficient de fluage est également plus faible lorsque la résistance à la compression du béton augmente et lorsque la section de l'élément est plus compacte.

(p. 28)

Le phénomène du fluage résulte en premier lieu d'une migration d'humidité (similaire au retrait hydraulique). En cas de charge plus importante, des micro-fissures se développent dans la pâte de ciment durcie.
Un béton jeune est plus sensible au fluage parce que la structure du matériau résiste moins bien aux contraintes de compression et de traction internes.

(p. 29)

Suite au fluage, une poutre ou un plancher peuvent finir par solliciter un mur qui n'est pas conçu à cet effet, provoquant sa dégradation.
Pour anticiper sur ce phénomène et avant d'ériger des murs non-porteurs sous un plancher, celui-ci est soumis à une charge supplémentaire pendant un certain temps après le démontage des étais, par exemple au moyen de palettes de blocs de maçonnerie.

(p. 30)

Ici, la déformation par fluage s'avère utile : l'affaissement local du sol est compensé par la déformation de la dalle. A partir du moment où la déformation n'augmente plus, les contraintes baissent (phénomène de relaxation).

(p. 31)

Le béton se rétracte lorsqu'il se refroidit et se dilate quand la température monte. Si ce mouvement thermique est empêché, le béton ou la structure attenante sont soumis à des contraintes importantes.
Mesures possibles :
- joints de dilatation (+obturation en matière élastique);
- appuis sur plaques ou rouleaux (ponts);
- systèmes de fixation appropriés (éléments de façade en béton décoratif);
- éventuellement isolation thermique à l'extérieur de la structure...

(p. 32)

La masse du béton durci est truffée de capillaires : il s'agit de vides très petits, généralement communicants, capables d'absorber l'eau par succion et de la retenir. Cette eau n'est libérée que très lentement par évaporation.

Gros capillaires : ascension rapide, grand débit, hauteur d'ascension limitée.

Fins capillaires : ascension lente, faible débit, mais la hauteur d'ascension peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

Plus les capillaires sont fins, plus l'humidification est lente. Mais aussi : plus le séchage est lent...

(p. 33)

Lorsqu'une surface en béton est mouillée, l'eau est absorbée sous l'effet des forces capillaires.

Supposons maintenant que le matériau se dessèche. L'eau est restituée à l'environnement sous forme de vapeur. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux s'opère d'abord en surface ('surface de dessèchement'), puis à l'intérieur du matériau. La circulation d'eau par capillarité est remplacée par la diffusion de vapeur.

Le 'front d'évaporation' (ou 'front d'humidité') est la zone de transition entre les capillaires remplis d'eau et les capillaires contenant de la vapeur. Ce front se déplace en fonction de la température et de l'humidité de l'environnement.

(p. 34)

Même sans être mouillé, un béton 'absorbe' de l'eau. Lorsque l'humidité relative de l'environnement croît, la vapeur d'eau pénètre dans les capillaires par diffusion. Là elle se transforme en eau par adsorption (sur les parois des capillaires) ou par condensation (sur les 'îlots d'eau' déjà formés).

Humidité critique : humidité où la circulation de l'humidité par capillarité l'emporte sur la diffusion de vapeur.

Humidité hygroscopique : humidité qui s'établit en équilibre avec l'humidité relative de l'environnement.

Humidité capillaire : humidité maximale réalisable par absorption capillaire.

Humidité de saturation : lorsque tous les pores accessibles sont remplis (p. ex. après submersion).

(p. 35)

Pour une humidité relative (H.R.) donnée, l'humidité d'équilibre est plus élevée lorsqu'elle est atteinte après séchage qu'après mouillage (hystérésis entre la ligne d'humidification et la ligne de dessiccation).

A cause de son grand nombre de pores fins, le béton est un matériau fort hygroscopique : même dans un environnement normal, il contient beaucoup d'humidité. A cause du faible diamètre des pores, l'humidité circule difficilement. Le béton réagit donc très lentement aux changements d'humidité relative.

(NB: La forme exacte des courbes varie en fonction du type de béton, de sa composition, etc.)

(p. 36)

Absorption d'eau par immersion (NBN B15-211). La porosité ainsi mesurée est appelée porosité relative ou apparente, parce que seules les cavités communiquant avec la surface se remplissent d'eau. Une immersion dans l'eau bouillante – moins visqueuse – ou sous vide permet une détermination plus précise de tous les vides.

(NB: Dans le cas des bétons caverneux ou semi-caverneux, la porosité ne peut pas être évaluée via l'absorption par immersion ! En effet, ces matériaux possèdent un grand volume de cavités qui ne retiennent pas l'eau après immersion.)

(p. 37)

Absorption d'eau par capillarité (NBN B15-217). Outre la hauteur d'ascension, la vitesse d'ascension est également importante ! Une ascension rapide révèle la présence de gros capillaires éventuellement dangereux en terme de gélivité, résistance aux sels de déverglaçage et à la pénétration des agents agressifs...

Destinée à tester les parements en place, la méthode à la pipe (CSTC) est uniquement applicable sur surfaces unies.

(p. 38)

Il y a une différence entre porosité relative (apparente) et porosité absolue (réelle), et entre porosité et perméabilité.

La porosité est exprimée en % (de volume), le coefficient de perméabilité en mètres par seconde (vitesse d'écoulement). Des matériaux peu poreux (entendez par là les matériaux qui ont une faible porosité apparente) peuvent être très perméables, comme certains types de blocs de maçonnerie à structure semi-caverneuse. Certains matériaux poreux, en revanche, sont perméables parce que les pores sont soit très fins, soit non reliés en réseau, soit inaccessibles de l'extérieur.

(p. 39)

Tout béton à structure compacte par sa composition, sa mise en œuvre et un serrage adéquat est imperméable. L'eau absorbée par les capillaires très fins n'est libérée que par évaporation.

Un béton humide 'se gonfle' en outre par la 'dilatation interne' des cristaux de ciment hydraté. Les pores se rétrécissent, freinant encore davantage la circulation de l'eau.

Tout passage d'eau au travers d'une paroi en béton (≥ 7 cm) résulte de lacunes dans la macrostructure du matériau.

(p. 40)

La carbonatation est la réaction chimique entre le CO_2 de l'air et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ou chaux libre) issu de l'hydratation du ciment. Cette réaction ne peut s'opérer qu'en milieu aqueux.

Le produit de cette réaction, le calcaire CaCO_3 , agit comme 'bouche-pores'. Au fur et à mesure que le front de carbonatation progresse, la pénétration du CO_2 dans le béton devient plus difficile et le processus se ralentit.

(p. 41)

Profondeur de la carbonatation en fonction du rapport eau-ciment et dans différents environnements.

La plus grande profondeur se manifeste dans un béton poreux (E/C élevé), à l'intérieur d'un laboratoire et par température et humidité relativement élevées (humidité hygroscopique et suffisamment de CO_2).

La plus faible profondeur est observée dans des bétons très compacts (E/C faible), à l'extérieur dans un endroit non abrité : les capillaires très fins sont saturés d'eau (pluie ou humidité hygroscopique), de sorte que ni l'air ni le CO_2 ne peuvent pénétrer dans le béton.

(NB: Il s'agit de moyennes! Localement la profondeur de carbonatation peut être beaucoup plus grande...)

(p. 42)

La pâte de ciment hydratée constitue un milieu fortement alcalin ($\text{pH} > 12$) qui agit comme passivant vis-à-vis de l'acier : l'armature ne rouillera pas, bien qu'elle soit en contact avec l'eau et l'oxygène pénétrant via les capillaires et les micro-fissures.

Dans un béton carbonaté, le pH descend sous 8. L'acier cesse d'être passivé, l'armature commencera à rouiller si elle est située dans une zone où humidification et dessèchement s'alternent.

(p. 43)

La face inférieure d'un balcon est très sensible !

(p. 44)

En général, le gel n'intervient que lentement. L'air se dessèche et une bonne partie de l'eau s'évapore en surface. De surcroît, les forces d'adhésion capillaires abaissent le point de congélation. Il s'ensuit que l'eau contenue dans les pores les plus fins ne se transforme qu'en glace à une température loin au-dessous de 0° !

Pour qu'il y ait détérioration du béton par le gel, il faut donc simultanément :

- des capillaires larges et saturés d'eau;
- un gel brusque.

(p. 45)

Plus les pores sont fins, plus la quantité d'eau susceptible de geler diminue, et plus le point de congélation baisse.

D'où la règle de base : lors de la fabrication du béton, maintenir le rapport eau-ciment le plus bas possible (max. 0,55 dans un environnement normal et max. 0,5 dans un environnement marin), et prévoir un dosage suffisant en ciment.

(p. 46)

La chaleur nécessaire à la fusion de la glace ou de la neige est puisée dans la couche superficielle, qui se refroidit brusquement. La différence de température entre la surface et l'intérieur du béton induit des contraintes de cisaillement et de traction, qui peuvent provoquer la fissuration du béton.

Des cycles de gel-dégel en combinaison avec des sels de déverglaçage soumettent le béton à rude épreuve : l'eau des pores dégèle jusqu'à une certaine profondeur, la surface gèle à nouveau, une partie de l'eau des pores est enfermée, se dilate...

(NB : Certaines constructions à l'abri des intempéries sont quand même exposées à l'agression des sels de déverglaçage, par ex. des parking à étages.)

(p. 47)

Lors de l'utilisation d'entraîneurs d'air, la quantité d'espaces d'expansion n'est pas le seul critère important. La distance entre un point quelconque et une bulle d'air ('facteur distance') ne dépassera pas une certaine valeur, en général 200 μm .

(p. 48)

Le degré d'acidité est exprimé par le pH (< 7) : plus le pH est bas, plus l'acide est fort. Afin de limiter l'attaque du béton, celui-ci doit être le plus compact possible et présenter une structure de surface fermée :

- facteur E/C inférieur à 0,55 ou même 0,45;
- teneur en ciment d'eau moins 300 kg/m^3 , si nécessaire s'élevant même jusqu'à 375 kg/m^3 .

Lorsque le $\text{pH} \leq 4$, une couche protectrice est obligatoire : coating, revêtement céramique...

(NB: Prévoir un surenrobage des armatures en cas de doute sur le degré d'acidité.)

(p. 49)

Le degré d'agressivité est déterminé par la teneur en sulfates. Afin de limiter l'attaque du béton, celui-ci doit être le plus compact possible et présenter une structure de surface fermée :

- facteur E/C inférieur à 0,55 ou même 0,45;

- teneur en ciment d'au moins 300 kg/m³, si nécessaire s'élevant même jusqu'à 375 kg/m³.

En cas d'une teneur en sulfate ≥ 500 mg/l (liquide) ou ≥ 3000 mg/kg (sol), l'utilisation d'un ciment HSR est obligatoire. Pour des teneurs très élevées en sulfates (≥ 6000 mg/l), un revêtement protecteur est nécessaire.

(p. 50)

A partir d'une certaine teneur en chlorures ('teneur critique'), la couche de passivation de l'acier est attaquée. La corrosion initiée par les chlorures est un phénomène dangereux, parce qu'elle se produit localement et entraîne une réduction importante de la section d'armature.

L'utilisation d'accélérateurs de prise contenant des chlorures est déconseillée.

La pénétration des ions de chlore et d'oxygène dans le béton durci est limitée lorsque celui-ci est de bonne qualité, c.-à-d. rapport E/C faible, teneur suffisante en ciment, serrage optimal. L'enrobage des armatures doit être suffisant.

(p. 51)

La réaction chimique entre les silices réactives et les alcalis libres et solubles produit un gel qui a la capacité d'attirer l'eau. Dans ce cas, le gel gonfle et entraîne la fissuration du béton.

Seuls des laboratoires spécialisés peuvent déterminer si les granulats sont réactifs.

La méthode la plus simple pour prévenir la réaction alcali-silice est d'utiliser un ciment LA.

Elle doit aller de pair avec les mesures usuelles pour obtenir un béton compact avec une porosité réduite, freinant la migration de l'eau ainsi que la mobilité des alcalis.

(p. 52)

Un béton ordinaire offre des résistances plus que satisfaisantes aux sollicitations provoquées par un incendie. Ce n'est qu'à partir de 300 °C que l'eau liée chimiquement quitte des hydrates de ciment, altérant les caractéristiques de résistance du béton.

La chaleur ne pénètre que lentement dans le béton. Les dégâts sont limités et superficiels. Une construction en béton peut en général être récupérée après un incendie.

(NB: Les mortiers et bétons réfractaires pour fours, cheminées, etc. sont fabriqués à base d'un ciment spécial, à savoir le ciment fondu alumineux.)

(p. 53)

Dans un incendie ISO, la température monte en fonction du temps suivant une courbe normalisée. Au niveau européen, les matériaux sont classés suivant leur comportement au feu, de A1 (non-combustible) à F (extrêmement combustible). Des normes européennes sur la résistance au feu des parties d'une construction sont en cours d'élaboration. La codification REI, qui remplacera l'indice Rf, résume les performances (en minutes) par rapport aux 3 critères : stabilité (R), étanchéité aux flammes (E) et isolation thermique (I).

(NB: La dilatation des éléments de construction exposés au feu peut également provoquer des dégâts. Les Eurocodes indiquent comment la résistance au feu d'une construction doit être analysée dans sa totalité.)

(p. 54)

Certains éléments en béton ont une résistance au feu de 4 heures.

(p. 55)

Béton lavé désactivé : les granulats doivent être soigneusement choisis. Souvent un colorant est ajouté lors du malaxage.

Béton trempé ou décapé (traité à l'acide) : les sables et granulats calcaires sont également mordus par l'acide.

Béton sablé : la surface obtenue est toujours mate.

(p. 56)

Béton poli : dans le cas de granulats sensibles aux pluies acides, l'application d'un produit protecteur est nécessaire pour assurer la durabilité de l'éclat.

Béton bouchardé, piqué-ciselé, fraisé : ces techniques sont dérivés du traitement de surface des pierres naturelles.

Certains traitements sont effectués par des robots industriels; la plupart demandent toutefois un savoir-faire artisanal.

(p. 57)

L'hydratation du ciment libère jusqu'à 250 grammes de chaux par kg de ciment (Portland). La migration de cette chaux vers la surface varie suivant :

- le diamètre des pores, qui est à son tour fonction du degré de maturation et/ou du moment de décoffrage;
- les conditions atmosphériques, c.-à-d. température et humidité.

Les exsudations primaires apparaissent sur un béton très jeune, les exsudations secondaires n'interviennent qu'à un stade ultérieur.

(p. 58)

Quelques exemples types d'exsudations de chaux.

Les exsudations sur carrelages ou pavages disparaissent généralement après un certain temps sous l'effet des pluies acides.

(p. 59)

Il y a 'salissement' lorsque l'uniformité de l'empoussièrement est rompue par le lavage de certaines zones par l'eau de ruissellement et l'accumulation des poussières ainsi entraînées en d'autres zones contiguës.

L'exposition à la pluie des parements, la porosité du matériau et surtout la géométrie de la surface exposée déterminent le degré de salissement.

(p. 60)

Détails de conception : toujours dévier l'eau tombant sur les surfaces horizontales ou faiblement inclinées, soit vers l'extérieur par des larmiers (voir figure), soit vers l'intérieur par des descentes encastrées dans les murs.

Il est parfois possible de 'camoufler' le salissement par les effets ombre-lumière d'une surface structurée (rainures, faux joints...).

Les produits de protection et de nettoyage seront utilisés uniquement s'ils ont fait leurs preuves.

(p. 61)

Plus le béton est lourd, mieux il conduit la chaleur, et moins il isole.

Les bétons légers contiennent des lames ou cellules non communicantes remplies d'air ou de gaz. Elles offrent un bon compromis, alliant une portance satisfaisante à – dans certains cas – une isolation suffisante.

(NB : Tout matériau humide cesse d'être isolant.)

(p. 62)

L'isolation, facteur d'économie de combustible, est loin d'être le seul facteur de confort thermique.

La capacité thermique est la faculté d'accumuler (et de restituer) la chaleur. Les matériaux lourds peuvent 'stocker' une grande quantité de chaleur. Ainsi, pendant les jours de canicule, les planchers, plafonds et murs en béton empêchent le surchauffement d'un bâtiment de façon naturelle.

La capacité thermique doit cependant être 'accessible' : les faux plafonds ou planchers surélevés coupent l'accumulation de la chaleur.

(p. 63)

L'inertie thermique d'une paroi est son aptitude à amortir et déphaser le cycle de température intérieure vis-à-vis du cycle extérieur.

En combinant le béton et l'isolation (appliquée du côté extérieur), il est possible de réaliser un facteur d'amortissement de 10 et un déphasage de 8 heures. D'une part, la chaleur de midi n'atteint l'intérieur d'un local fermé que le soir, après avoir été affaiblie. D'autre part, l'effet du refroidissement nocturne se ressent encore longtemps pendant la journée et peut encore être renforcé par l'aération du local le soir et la nuit.

(p. 64)

Le confort acoustique d'un local est déterminé par :

- les caractéristiques phoniques du local (absorption et temps de réverbération);
- le niveau de protection contre les bruits venant de l'extérieur (isolation acoustique). L'énergie acoustique se propage par différentes voies entre le 'local d'émission' et le 'local de réception'. Il importe de faire la distinction entre les bruits aériens et les bruits de choc.

(NB : Les résultats des essais acoustiques diffèrent suivant qu'ils sont enregistrés en laboratoire ou in situ. En conséquence, les critères de performances ne sont pas les mêmes non plus.)

(p. 65)

L'isolation entre le local d'émission et le local de réception est traduite par l'indice d'affaiblissement acoustique. Les bétons légers ne suivent pas la loi de la masse : à épaisseur égale, une paroi en béton léger peut s'avérer aussi isolante qu'une autre en béton ordinaire.

Les performances acoustiques d'un élément de construction sont fortement tributaires de la qualité de la mise en œuvre.

(NB: La masse de la paroi – par unité de surface – est indiquée sur une échelle logarithmique.)

(p. 66)

Le coefficient d'absorption caractérise le niveau de confort dans le local d'émission. (Mais pas dans le local de réception !) Moins l'absorption est grande, plus le bruit est répercuté et plus le temps de réverbération est long. L'absorption dépend de la fréquence des ondes acoustiques: en fonction de la structure de la surface de la paroi et de la présence éventuelle de cavités, les différentes ondes ne sont pas toutes reflétées ou absorbées de la même façon.