

DIFFERENTS EMPLOIS DES PIERRES ET DIFFERENTS TYPES D'OUVRAGES

Les pierres naturelles présentent de très nombreuses applications dans des domaines très diversifiés : chimie, agriculture, construction, enrochement maritime, ballasts routiers ou ferroviaires.

Concernant plus spécifiquement le bâtiment, les pierres sont la matière première des liants (ciment, plâtre, chaux aérienne) et l'élément principal de ce qui est appelé « *maçonneries* ».

Celles-ci comprennent :

- les structures verticales : fondations, murs simples, murs composites, murs doubles ;
- les structures reliant les structures verticales : voûtes, arcs ;
- les structures particulières : ponts aqueducs, collecteurs d'égouts, bétons cyclopéens.

Dans tous ces cas les pierres sont liées (hourdées) à l'aide d'un mortier (mortier de terre, de chaux, de ciment, de plâtre...) exceptés les « *maçonneries de pierres sèches* » sans liant, ou les maçonneries à joints vifs (pierre contre pierre).

La pierre peut également être posée sur un autre support :

- revêtements de façades collés ou agrafés ;
- revêtements de sol scellés, collés ou sur plots

Dans le domaine de la voirie on la rencontre sous forme de pavés, caniveaux, bordures, ...

La pierre intervient aussi dans des éléments de décors : statues ; balustrades, bassins, modénatures de façades, cheminées, mobilier urbain...

● MAÇONNERIES DE FONDATION

Les fondations constituent la partie intermédiaire entre le sol et la structure porteuse. Généralement superficielles, elles répartissent les charges de l'ensemble de la construction sur le sol dont les caractéristiques (avec les charges) conditionnent leurs dimensions.

Lorsque les qualités du sol de surface sont insuffisantes, il convient de rechercher un appui sur un sol résistant (pieux, puits maçonnés pour les maçonneries anciennes ...) ou un frottement latéral pour les constructions récentes dont les dimensionnements sont du ressort des géotechniciens après étude de sol.

Les maçonneries de fondations sont le plus souvent assez massives, en moellons ou en pierres de taille, montées au mortier de qualité moyenne ou faible.

Les puits en maçonnerie de pierres non appareillées ont un diamètre pouvant atteindre 1,50 m.

Au dessus des fondations enterrées, le sous-bassement s'élève sur 0,60 m à 1,50 m de haut.

Enduit ou non, sa maçonnerie est censée présenter des caractéristiques suffisantes pour résister aux remontées capillaires, aux eaux de rejaillissement, aux chocs, à des contraintes spécifiques.

● MURS EN MAÇONNERIE

Les murs en maçonnerie de pierres (moellons ou pierres de taille) ont principalement un rôle porteur avec les murs de façade, les murs pignon et les murs de refend sur lesquels s'appuient les planchers et la charpente d'une construction.

La disposition géométrique des pierres visibles en façade constitue l'appareillage (petit ou gros appareil), les rangs de pierres de taille de même hauteur disposés horizontalement constituent des assises.



Exemple de murs en maçonnerie de moellons et de pierres de taille.

Ces murs se distinguent selon les trois conceptions suivantes :

- les murs simples qui ne comprennent d'un seul matériau principal dans leur épaisseur, hormis les enduits ;
- les murs composites qui comportent plusieurs matériaux dans leur épaisseur : pierres et béton (béton banché avec moellons apparents, éléments préfabriqués avec pierres en fond moule,...) ;
- les murs doubles comportant deux parois séparées par un vide d'air.

Les murs anciens en maçonnerie sont souvent de forte épaisseur (de 0,50m à plusieurs mètres), ils comportent alors un ou deux parement(s) en pierres de taille avec un remplissage intérieur constitué de chutes de tailles et de mortier maigre appelé « *fourrure* ». Parmi les pierres, de par leur forme, on distingue :

- les panneresses dont la longueur ou la hauteur sont visibles en parement ;
- les parpaings qui traversent toute l'épaisseur du mur ;
- les boutisses dont une seule extrémité est visible au niveau d'un parement.

Sur le plan réglementaire actuel, le DTU 20 1(NF P 10-202) relatif aux « *ouvrages en maçonnerie de petits éléments* » définit 4 types de murs qui prennent en compte les notions évoquées ci-dessus mais également l'absence ou la présence de coupure de capillarité dans l'épaisseur du mur, l'existence ou non d'un doublage ou d'une double cloison, la présence, dans certains cas d'un revêtement ou doublage extérieur .

CRITERES GENERAUX DE CHOIX DES PIERRES POUR LEUR UTILISATION DANS LA CONSTRUCTION

Pour que les constructions en pierre se conservent parfaitement, il est fondamental de choisir la qualité de pierre appropriée à sa fonction dans l'édifice. Il convient de tenir compte d'un certain nombre de règles :

- l'environnement et le milieu : (climat, région, altitude, orientation, milieu urbain, rural, industriel, marin) ;
- la position dans l'édifice.
- Les propriétés physico-chimiques des roches

La durabilité des matériaux dépend des propriétés essentielles qui sont liées à la microstructure (forme et dimensions des pores) et la cohésion (nature des cristaux et du ciment de liaison).

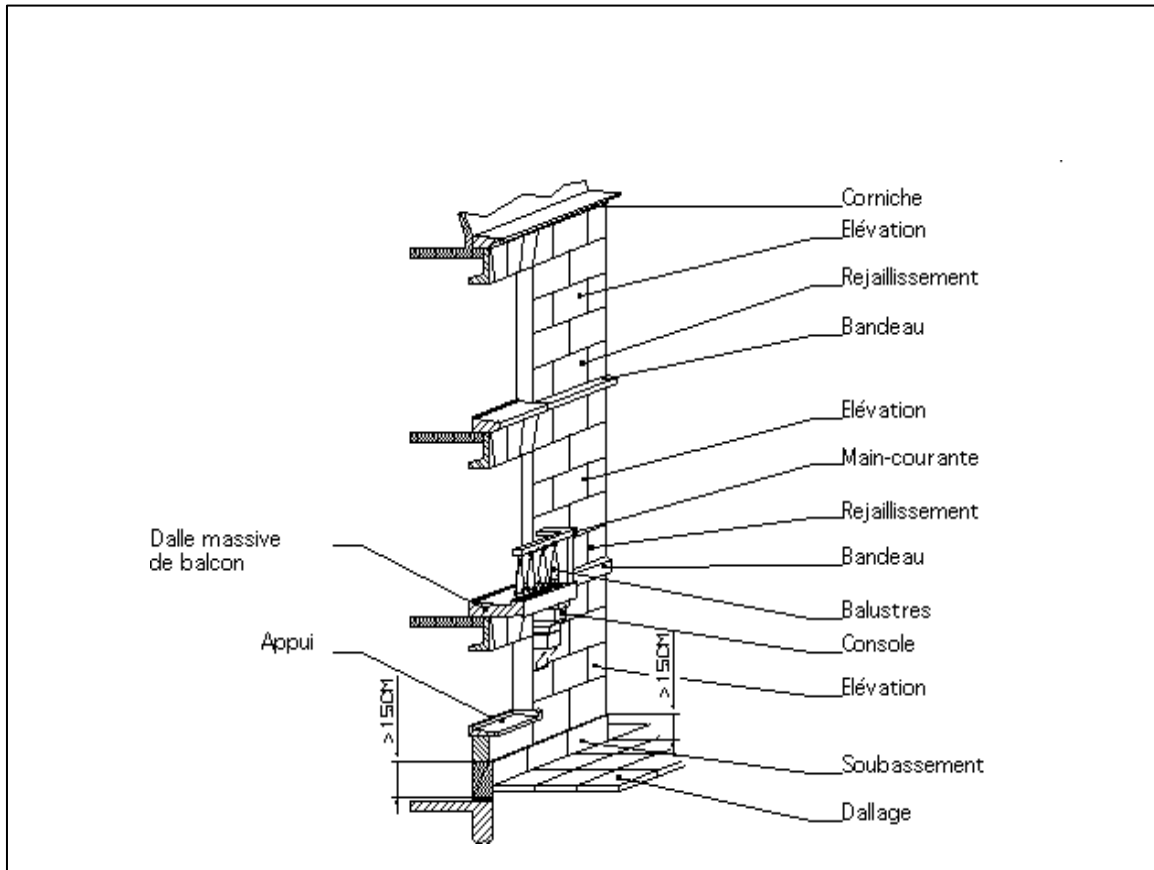
Le tableau ci-après – déduit de la norme NF B 10-601 – établit les caractéristiques des pierres, liées au comportement à l'eau, qui vont déterminer leur durabilité pour leur utilisation optimale en pierre massive (pierre de taille, pierre prétaillée, moellon).

La considération essentielle est basée sur la résistance aux intempéries, en fonction des zones de gel pour une conception de façade classique (avec saillies et bandeaux selon les règles de l'art traditionnelles).

CHOIX EN FONCTION DE LA POSITION DANS L'EDIFICE				
POSITION	CHOIX	POROSITE	CAPILLARITE	GELIVITE
Elévation	Pierre tendre et très tendre	$\leq 47 \%$	Voir DTU 20.1 C_2 suivant épaisseur du mur	Pas de valeur limite
Assise de rejaillissement	Pierre demi-ferme		$C_2 \leq 193.5 \text{ g/m}^2\text{s}^{0.5}$ (15) ¹	$N \geq 24^2$ dans les zones de gel
Corniche, bandeau	Pierre ferme et dure		$C_1 \leq 193.5 \text{ g/m}^2\text{s}^{0.5}$ (15) ¹	$N \geq 24^2$ en zone de gel faible $N \geq 48^2$ en zone de gel modéré et de gel sévère
Balcon	Pierre ferme dure et froide		$C_1 \leq 90.3 \text{ g/m}^2\text{s}^{0.5}$ (7) ¹	$N \geq 96^2$ en zones de gel faible et modéré $N \geq 144^2$ en zone de gel sévère
Soubassement	Pierre dure et froide		C_1 et $C_2 \leq 90.3 \text{ g/m}^2\text{s}^{0.5}$ (7) ¹	$N \geq 48^2$ en zones de gel faible et modéré $N \geq 96^2$ en zone de gel sévère

¹ valeur déterminée suivant l'ancienne norme NF B 10-502

² N : valeur médiane des nombres de cycles de tenue au gel des 5 éprouvettes



◆ Pierres massives : charges limites à imposer aux maçonneries - calcul des ouvrages en maçonnerie

Sur les murs constitués de maçonnerie de pierre de taille, (blocs montés à joints coupés), les contraintes ne doivent pas dépasser les limites suivantes (joints réalisés au mortier de ciment) :

- pierre dure	3,5 MPa
- pierre ferme	2,5 MPa
- pierre demi-ferme	2 MPa
- pierre tendre	1,5 MPa
- pierre très tendre	0,5 MPa

Si les joints sont réalisés au mortier de chaux grasse, les contraintes à ne pas dépasser sont de 0,4 à 0,8 MPa. Pour les maçonneries montées avec joints de plâtre, les limites sont de 0,5 à 2,5 MPa.

● COEFFICIENT DE SECURITE

La grande variabilité de la qualité des pierres, en fonction des différences observées d'un banc à l'autre, l'influence de l'humidité et l'influence de l'élançement entre l'éprouvette d'essai et le mur ont conduit les calculateurs à prendre par prudence un coefficient de sécurité de 10, (cas des charges excentrées). C'est-à-dire que la contrainte maximale à

appliquer sur une surface de mur en pierre porteuse est 10 fois plus faible que la résistance de rupture en compression obtenue sur l'éprouvette normalisée (cube de 7 cm d'arête). Ce coefficient N est de 8 pour les charges centrées. Ces éléments sont extraits du DTU 20.1

● **CAS DE TRUMEAUX ETROITS**

Sur les trumeaux étroits (longueur inférieure à 3 fois l'épaisseur du mur), une nouvelle réduction du taux de travail est appliquée en fonction de l'élançement, pour tenir compte du flambement.

L'élançement est défini par le rapport :

$$e = \frac{\text{hauteur}}{\text{plus faible dimension du trumeau}}$$

Si $e < 3$: le taux de travail est réduit à 5 %

Si $3 < e < 5$: le taux de travail est réduit à 8 %

Si $5 < e < 10$: le taux de travail est réduit à 25 %.

Remarque : un coefficient de sécurité N inférieur à 8 ou 10 peut être adopté sur justification. Les mesures par ultrasons peuvent contribuer à cette démarche.

● **CALCUL DES OUVRAGES EN MAÇONNERIE**

Depuis 2006 les Eurocodes NF EN 1996 1/2/3 précisent le calcul des ouvrages en maçonnerie avec :

- NF EN 1996 1-1 de Mars 2006: Règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée ou non armée . Ce document est destiné à remplacer le DTU 20.1, sans le rendre caduc car il lui fait référence
- NF EN 1996 1-2 de Septembre 2006 et 1-2 NA de Septembre 2008 relatives au comportement au feu des maçonneries. Ceci constitue une nouveauté car il n'existait pas préalablement de règlement spécifique sur ce sujet
- NF EN 1996 2 et 2NA de Juin 2006 et Décembre 2007 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries.
- NF EN 1996 3 de Juin 2006 qui propose des méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages en maçonneries non armées

C'est ce dernier document qu'il est préférable d'utiliser dans la plupart des cas, les documents généraux étant plus complexes.

● **TOLERANCES DE PLANEITE ET ETAT DE SURFACE**

Elles sont données dans la norme NF DTU 20.1 (P 10-202) d'Octobre 2008 article 9.3.

Eléments		Tolérances (cm)		
		Façade		Corniches et bandeaux
		Planéité	Surplomb	
Pierre dimensionnée		Mesurée à l'aide d'un cordeau tendu de 10 m de longueur : pas de flèche supérieure à 2 cm	Ne doit pas excéder 2cm pour une hauteur d'étage, ni pouvoir s'additionner sur plusieurs étages consécutifs.	Les différences de niveaux ne doivent pas être supérieures à 2 cm sur 10 m
Moellons équarris	Bruts de Sciage Smillés Pointés Piqués Striés Bouchardés	2 cm pour 10 m	Ne doit pas excéder 2 cm pour une hauteur d'étage.	
	Eclatés Bossagés	5 cm pour 10 m	Ne doit pas excéder 2 cm pour une hauteur d'étage	
Moellons		5 cm pour 10 m	Ne doit pas excéder 2 cm pour une hauteur d'étage	