

Caractérisation physico-mécanique des matériaux historiques Application aux matériaux du patrimoine bâti

Résumé : La détermination des propriétés physico-mécaniques des matériaux de construction se fait classiquement par l'utilisation de techniques de caractérisation qui sont normalisées, et qui nécessitent de préparer des échantillons de géométrie et de taille normalisées. Ce type d'essais ne peut malheureusement pas s'appliquer à des matériaux dont il n'est pas possible d'obtenir des échantillons de forme et quantité suffisantes. C'est notamment le cas dans le domaine de la restauration du Patrimoine. Or, dans ce domaine, la connaissance de l'état de conservation ou d'altération des matériaux est cruciale pour décider des traitements à appliquer afin de pérenniser les ouvrages historiques dont nous sommes les héritiers. De nombreux chercheurs ont dès lors testé et mis au point un certain nombre de méthodologies permettant de caractériser, de manières alternatives, les matériaux de construction sur base d'échantillons de très petite taille.

L'objectif de cette communication est de présenter la méthodologie propre au Département de Génie Civil et Mécanique des Structures de l'Université de Mons, Faculté Polytechnique. Quelques cas pratiques sur des matériaux historiques illustrent les potentialités de la méthodologie à fournir un certain nombre d'informations quant aux matériaux que nous retrouvons dans le patrimoine bâti, ou qui peuvent être mis à jour lors de fouilles archéologiques. L'utilisation de ce type de caractérisation devrait permettre de disposer de moyens complémentaires à l'étude de sites historiques qui fourniront des informations utiles aux architectes et entrepreneurs qui devront faire en sorte de conserver notre patrimoine historique.

Prélèvement d'échantillons sur site

Le prélèvement d'échantillons directement sur site peut se faire manuellement (Fig. 1), ou au moyen d'un système de carottage portatif (Fig. 2). Celui-ci permet de prélever des échantillons cylindriques de 18 ou 25 mm de diamètre, et de longueur variant de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres, si nécessaire. Le matériel a été mis à l'essai aussi bien dans des matériaux tendres comme du mortier ou de résistance moyenne comme de la brique (Fig. 3), et même dans des matériaux de résistance très élevée comme de la pierre naturelle (Fig. 4).

Fig. 1 : Prélèvement manuel dans les fondations de la Collégiale Sainte-Gertrude à Nivelles, Belgique.



Fig. 3 : Echantillonnage de briques (en haut) et de mortiers (à gauche) dans les murs de la Ferme de l'Abbaye de Neufvilles, Belgique.



Fig. 2 : Système de carottage portatif.



Fig. 4 : Echantillonnage de calcaire du Tournaisis sur le site de la Carrière du Milieu à Gaurain-Ramecroix, Belgique.



Caractérisation physico-mécanique des échantillons en laboratoire

La caractérisation physico-mécanique se base sur les échantillons de très petites tailles prélevés, sur site, manuellement ou par carottage.

La caractérisation des propriétés physiques et mécaniques se base sur :

1. la mesure de la densité et de la porosité à l'aide de trois équipements de pointe : une balance de précision (10^{-4} g), un pycnomètre à hélium et un volumètre à flux de micro-particules solides (Fig. 5) ;
2. La mesure de la remontée capillaire à l'aide d'une balance de précision couplée à un système d'acquisition géré par ordinateur (Fig. 6) ;
3. La mesure de la vitesse de propagation des ondes soniques de compression à l'intérieur des matériaux grâce à des capteurs exponentiels (Fig. 7) ;
4. La mesure de la dureté superficielle à l'aide d'un duromètre portatif (Fig. 8) ;
5. La mesure de l'énergie spécifique intrinsèque à l'aide d'un test de grattage (Fig. 9) ;
6. La mesure de la résistance au forage à l'aide d'un test de micro-forage instrumenté (Fig. 10).

Les avantages de la méthodologie sont de pouvoir travailler sur des échantillons de très petites tailles, et dont la géométrie n'a pas de réelle importance. Les propriétés physico-mécaniques sont soit mesurées, soit déterminées sur base de corrélation publiées dans la littérature spécialisée.



Balance de précision ($0-160$ g, 10^{-4} g)



Pycnomètre à Helium (automatic density analyzer)



Volumètre (Envelope Density Analyzer)

Fig. 5 : Matériel pour la mesure de la densité et la porosité.

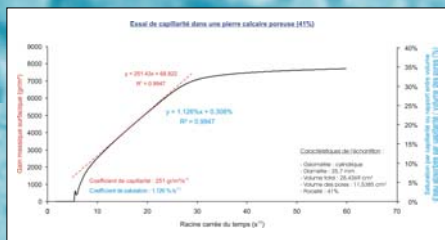


Fig. 6 : Matériel pour la mesure de la remontée capillaire.

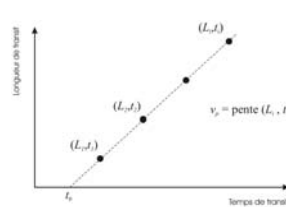
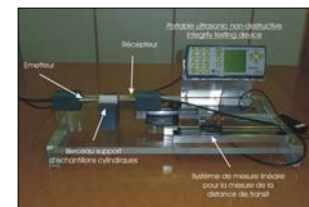


Fig. 7 : Matériel pour la mesure de la vitesse sonique.

Exemples d'applications

Parmi les exemples d'applications de la méthodologie, citons la caractérisation

1. de mortiers historiques des fondations de la Cathédrale de Tournai (Fig. 11), et de la Collégiale Saint-Gertrude de Nivelles (Fig. 1),
2. de mortiers historiques des murs de la Tour Henry VIII de Tournai (Fig. 12),
3. de la maçonnerie de la Ferme de l'Abbaye à Neufvilles (Fig. 3),
4. des pierres de parement de l'Eglise Saint-Christophe de Racour (Fig. 13),
5. des tuiles de la toiture de l'Eglise Saint-Sulpice d'Esquelmes (Fig. 14), ...

La même méthodologie mise au point à l'Université de Mons peut donc s'appliquer à une multitude de matériaux de construction différents que l'on rencontre dans le Patrimoine bâti. Les informations recueillies sont primordiales pour tous types de travaux de restauration, pour les choix des techniques ou de méthodes d'intervention, ou encore pour l'évaluation des performances de certains traitements de consolidation couramment mis en œuvre.



Fig. 9 : Banc d'essai de grattage.

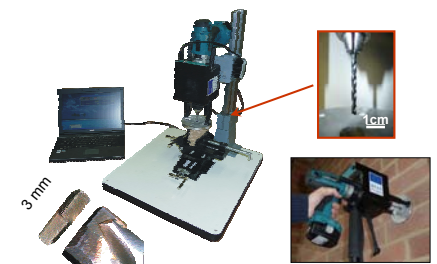


Fig. 10 : Banc d'essai de micro-forage.



Fig. 11 : Cathédrale de Tournai, Belgique. (©Stéphane Nef) Caractérisation des mortiers de fondation.



Fig. 12 : Tour Henry VIII, Tournai, Belgique (Guy FOCANT © SPW) Caractérisation des mortiers du parement extérieur (© Marie Demelenne)



Fig. 13 : Eglise Saint-Christophe de Racour, Belgique. Caractérisation du parement en tuffeau de Lincent.



Fig. 14 : Eglise Saint-Sulpice d'Esquelmes, Belgique. Caractérisation des tuiles de la toiture classée.

