

# Outils d'expertise et de diagnostic des bâtiments historiques en bois

Marc Laracine  
Concept Bois Technologie  
Lausanne, Suisse



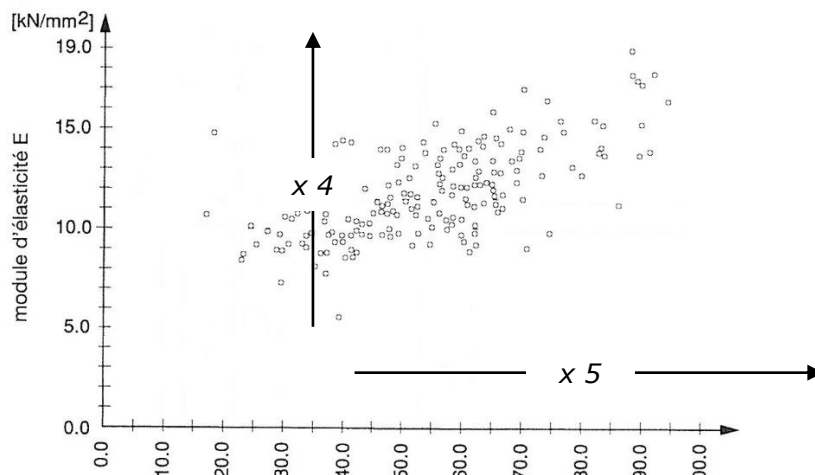
# 1. Le contexte d'une expertise bois

## 1.1. Le matériau bois

Le bois, matériau naturel par excellence, possède des caractéristiques très variables en fonction des individus. Ces caractéristiques sont fonctions de nombreux paramètres :

- L'essence
- L'environnement naturel (l'altitude, le climat, le sol, le type de forêt, le relief...)
- La vitesse de croissance

Du fait de ces multiples paramètres, la variabilité des caractéristiques mécaniques est très importante pour une même essence. Par exemple, suite à l'échantillonnage de 200 solives en épicéa, on observe la distribution suivante :



contrainte de rupture en flexion avec humidité constante de 14% du bois [N/mm<sup>2</sup>]

Illustration 1 : Rapport entre le module d'élasticité et la contrainte de rupture dans 200 solives en épicéa -  
Source : "Construire en bois"

La norme actuelle (la EN 338 dans le cas du bois massif) connaît cette variabilité et la divise en 12 classes pour les résineux et 8 classes pour les feuillus. Chaque classe permet d'en déduire des propriétés mécaniques et ainsi calculer la structure.

Cette variabilité rend potentiellement chaque pièce de bois unique. Dans le cas d'une expertise cela peut être un paramètre décisif. En effet, une pièce d'une classe de qualité moindre sera encore plus sensible à une éventuelle dégradation ou ne pourra pas reprendre des charges supérieures en cas de modification d'affectation.

Parallèlement à ses caractéristiques mécaniques, l'un des intérêts de ce matériau est son aspect biodégradable. Mais cela peut aussi devenir un réel handicap en cas de mauvaise utilisation. Le fonctionnement de cette biodégradation peut être résumé de cette manière :



Ce processus de biodégradation du bois est associé à une perte progressive de la résistance allant jusqu'à la dégradation totale de l'élément.

Le rôle de l'expert est donc la recherche de l'un des paramètres de cette équation. Soit la recherche d'un micro-organisme (insecte ou champignon) ou bien la recherche d'une humidité anormale qui serait le signe d'une possible dégradation.

## 1.2. La situation de mise en œuvre

Le bois peut être mis en œuvre dans plusieurs ambiances différentes. Ces ambiances sont plus communément appelées classes de service et sont au nombre de cinq :

Classe	Désignation
1	À l'intérieur, au sec.
2	À l'intérieur, ou sous abri, non exposé aux intempéries. Possibilité de condensation d'eau.
3	À l'extérieur, au-dessus du sol, exposé aux intempéries Si subdivisé : 3.1 Conditions d'humidification courtes 3.2 Conditions d'humidification prolongées
4	À l'extérieur en contact avec le sol et/ou l'eau douce.
5	Immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente.

Ces ambiances correspondent directement à un taux d'humidité moyen du bois soit plus simplement l'exposition de l'élément aux intempéries. Ce classement permet notamment de choisir une essence adaptée à la situation. Par conséquent un changement accidentel de classe de service sans un changement d'essence est une situation à risque.

## 1.3. L'historique du bâtiment

L'historique permet de donner des pistes de recherches. Les facteurs récurrents menant à une expertise sont :

- Les changements d'affectations : augmentations des charges en jeux, modification de l'hygrométrie, de la température ou encore la modification des complexes de murs ou de toitures avec le rajout d'isolant ou de membrane.
- Les accidents comme une fuite, une inondation qui modifient les conditions de mise en œuvre du matériau.

Cet historique n'est pas forcément connu mais est parfois identifiable par des tâches, des traces de travaux ultérieurs ou encore des études historiques.

## 2. Les outils à disposition

L'expert bois, de par son expérience, peut orienter les recherches et éventuellement utiliser des outils de mesure spécialisés. Ces outils sont généralement associés à un protocole qui peut être spécifique au projet ou au problème rencontré. Ces technologies sont non-destructives ce qui permet d'intervenir sur des structures en service.

Ces instruments représentent une aide à la décision et sont complémentaires au regard de l'expert.

### 2.1. L'humidimètre

L'humidimètre à pointes permet de connaître l'humidité interne du matériau. Il s'agit d'une mesure instantanée et locale. Cette humidité peut fortement varier sur une même pièce de bois.

### 2.2. L'analyse par ultrason – Le Sylvatest

Le Sylvatest est un appareil de mesure par ultrason. Il permet une estimation de la qualité résiduelle du bois et donc de le classer dans une classe de résistance conforme aux normes en vigueur (EN338 pour l'Europe). Grâce à ce type de mesure il est possible de recalculer la structure aux normes actuelles ce qui permettra dans de nombreux cas de conserver le bâti sans aucun renforcement

Parallèlement il est possible réaliser des analyses plus locales comme la recherche de singularités ou de zones endommagées (cavités internes, délamination...)

### 2.3. L'analyse densitométrique – Le Résistographe

Le Résistographe permet une analyse de la densité du matériau. Cette analyse est très locale et se fait sur une profondeur de 450 mm maximum. Les variations de densité permettent de détecter des cavités internes ou une potentielle zone endommagée.

### 2.4. L'analyse fréquentielle – Le Syscom

Le syscom permet une analyse fréquentielle des planchers existants. Cette analyse permet d'estimer une rigidité et donc les caractéristiques mécaniques de celui-ci.

## 3. Etudes de cas

### 3.1. Château de Valère – Sion, Suisse

L'expertise intervenait dans le cadre de la réhabilitation du château avec la création d'un musée. Les planchers existants étaient d'époque (13<sup>ème</sup> siècle) et principalement en mélèze.

L'objectif était de mesurer la qualité résiduelle des planchers afin d'identifier les zones à conserver en l'état, à renforcer ou à changer. L'analyse s'est faite par mesure ultrason à l'aide du Sylvatest ce qui a permis d'en déduire une qualité résiduelle selon la EN338 :



Illustration 2 : Principe de mesure



Illustration 3 : Résultats des mesures par solive pour le Rd

### 3.2. Cité Interdite – Pékin, Chine

L'objectif de l'expertise était d'évaluer l'état de poteaux bois partiellement visibles. Ces poteaux sont intégrés dans un mur en maçonnerie, les précédentes expertises imposaient de détruire ce mur afin de pouvoir réaliser une inspection visuelle complète. Dans ce cas l'utilisation des ultrasons, via des mesures à partir des parties visibles, a permis de valider l'état des poteaux sans nécessiter de démolition autour de ceux-ci.

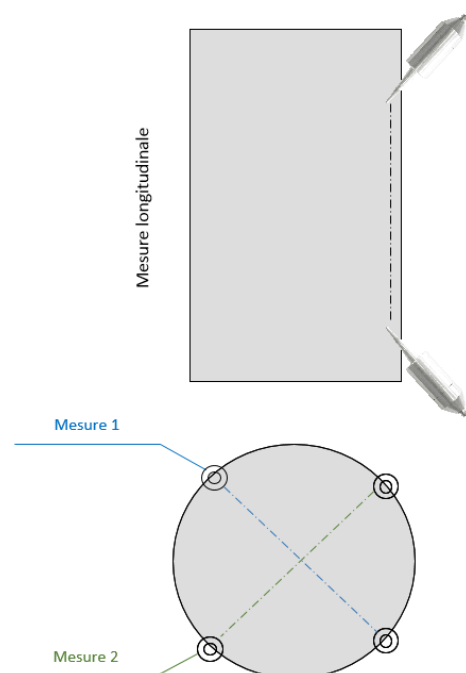


Illustration 4 : Principe des différentes mesures réalisées à l'aide du Sylvatest

### 3.3. Complexe Sportif – Chalon en Champagne, France

Dans ce cas l'analyse porte sur la présence de fissures dans des arcs lamellé collé de 60 m de portée. L'influence de ces fissures a été évalué via des mesures comparatives par ultrason. La comparaison se fait par rapport à une zone intacte et saine.



		Mesures transversales							
MESURE	[-]	9	10	11	12	13	14	15	16
FILE	[-]	A	A	A	A	B	B	B	B
CÔTÉ	[-]	S	S	E	E	S	S	E	E
LONGUEUR	[m]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
TEMPS	[us]	441	273	283	298	265	278	261	274
PIC	[mV]	34	31	37	17	16	20	15	14
H%	[%]	9.5	9.5	9.8	9.8	8.9	8.9	10.1	10.1
VITESSE	[m/s]	825	1383	1341	1270	1407	1337	1470	1397
DIFFERENCE	[%]	40.4%		négligeable		négligeable		négligeable	
FISSURE	[-]	Sur fissure	Sans fissure	Sur fissure	Sans fissure	Sur fissure	Sans fissure	Sur fissure	Sans fissure

Illustration 5 : Extrait des résultats de mesure

Le tableau illustre par zone la différence entre les mesures dans la zone supposée endommagée et dans la zone de référence. Les différences sont généralement faibles (inférieures à 6%) sauf pour la première zone, ce qui confirme un endommagement de celle-ci.

## 4. Conclusion

Le domaine de l'expertise bois est un vaste chantier combinant :

- La variabilité naturelle du matériau bois à l'état neuf
- La classe de service liée à la fonction du bâtiment
- Les protections constructives mises en œuvre et leur efficacité dans le temps
- La maîtrise des outils de diagnostic
- L'attente concernant la future exploitation du bâtiment

Les différents outils disponibles ne représentent donc qu'un élément de la chaîne et sont avant tout une aide pour l'évaluation de l'état d'un élément ou d'une structure. Cependant leur utilisation permet souvent un jugement plus précis et facilite la conservation du bâti, et ce, même en cas de changement d'affectation.