

DURABILITÉ DES STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL EN BOIS

Jean-Louis MICHOTÉY

GETEC Développement

Jérôme LAPLANE

Architecte Ingénieur

1. CHOIX D'UNE ESSENCE POUR LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Parmi les centaines d'essences disponibles et utilisables dans la construction et le génie civil, le choix d'une ou plusieurs essences repose sur un ensemble de critères qu'il convient de cerner.

Si le grain, la texture, le veinage ne représentent pas des critères de choix importants pour les types d'applications liés à la construction, les caractéristiques mécaniques, physiques, technologiques de mise en œuvre, la couleur, la disponibilité et le coût relèvent des points qu'il convient d'examiner.

Mais au-delà, le point essentiel repose sur la durabilité de l'essence envisagée pour les emplois principalement en extérieur.

Les critères de choix peuvent ainsi être résumés en 4 classes :

- Les critères de performances (physiques, mécaniques, mise en œuvre...),
- Les critères esthétiques liés principalement à la couleur,
- Les critères économiques liés au coût et à la disponibilité,
- Les critères de durabilité naturelle ou conférée assurant la pérennité des ouvrages, cette durabilité conférée pouvant s'appuyer sur les traitements ou sur les finitions.

1.1. Critères de performances

Si on limite ici l'analyse aux propriétés élastiques et de résistance des bois, ces propriétés sont surtout influencées par l'anatomie du matériau, par l'humidité, par l'angle sous lequel les sollicitations s'exercent par rapport au fil du bois et par la densité.

L'anatomie du matériau représente l'un des meilleurs indicateurs des performances mécaniques des bois. Les bois légers contiennent proportionnellement moins de matière ligno-cellulosique et sont de fait moins résistants que les bois lourds. La densité varie selon l'essence, et pour une même essence, selon les conditions de croissance (liées à la sylviculture, au climat, aux caractéristiques des sols...). Lorsque la vitesse de croissance des résineux augmente, c'est le bois initial qui augmente proportionnellement davantage, il en résulte que les résineux à cernes larges ont une densité plus faible comparativement aux résineux à cernes fins. Chez les feuillus à zone initiale poreuse comme le chêne, c'est principalement le bois final qui augmente davantage, il en résulte que les feuillus à cernes larges présentent des niveaux de densité supérieurs.

Les relations densité – performances mécaniques sont maintenant bien établies, le tableau suivant donne les éléments correctifs pour une première estimation des modules d'élasticité des bois en fonction de la densité.

Module d'élasticité (MPa)	Feuillus à H%=12	Résineux à H%=12
Module longitudinal E_L	$14400 (\rho / 0.65)^{1.03}$	$13100 + 41700 (\rho - 0.45)$
Module radiant E_R	$1810 (\rho / 0.65)^{1.3}$	$1000 + 2370 (\rho - 0.45)$
Module transversal E_T	$1030 (\rho / 0.65)^{1.74}$	$636 + 1910 (\rho - 0.45)$

Avec ρ = densité de l'essence considérée. Ces équations permettent une prévision acceptable sur une plage de densité de 0,1 à 1,2 pour les feuillus et de 0,3 à 0,6 pour les résineux.

(D'après D.Guitard, Mécanique du matériau bois et composites. Cepadues Editions, 1987).

Il convient cependant d'intégrer dans les critères de performance des bois les caractéristiques spécifiques ou ratio propriétés mécaniques / densité.

Le tableau suivant illustre ces caractéristiques importantes en construction.

Matériaux	Module d'élasticité E (MPa)	Densité ρ	Critère de qualité pour une colonne Racine carrée (E/ρ)	Critère de qualité pour un panneau Racine cubique (E/ρ)
Acier	210 000	7.8	59	7.7
Titane	120 000	4.5	77	11.0
Aluminium	73 000	2.8	99	15.0
Béton	15 000	2.5	49	
Fibre graphite / composite	200 000	2.0	225	10.0
Résineux léger	10 000	0.35	290	61.4
Feuillus	12 000	0.65	170	35.5

1.2. Critères esthétiques

Si l'un des critères de choix d'une essence repose sur la couleur, il faut intégrer qu'en l'absence de finition et pour des bois en extérieur exposés à la lumière, toutes les essences vont tendre vers une couleur uniforme couvrant la palette des gris.

Evolution de l'aspect du bois en extérieur



Les mesures préventives contre les changements de couleur du bois restent très limitées dans la mesure où la photo dégradation est un phénomène normal spécifique des polymères qu'ils soient artificiels ou naturels.

Il faut distinguer deux cas, les bois en intérieur protégé, les bois en extérieur du type bardage.

En intérieur, l'effet de la lumière fait tendre tous les bois non protégés vers un jaunissement caractéristique. De manière générale, on retiendra que ce jaunissement est plus rapide sur les essences claires et en particulier chez les résineux.

En extérieur, les mécanismes sont plus complexes. Les modifications photochimiques sont plus fortement promues par l'humidité que par la température, il s'agit d'un effet combiné de la photo dégradation et de micro organismes de type bleuissement du bois. Les produits du catabolisme de la lignine pourraient avoir une action fongicide et ainsi empêcher la croissance de ce bleuissement. Le vieillissement peut être considéré comme un phénomène superficiel, les changements de couleur ont été mesurés au maximum jusqu'à 2 mm.

Le tableau suivant rassemble les éléments liés au processus de vieillissement du bois en extérieur.

	Phénomène	Causes	Résultats
1	Désintégration de la lignine superficielle	- Rayonnement UV - Présence d'oxygène - Réaction photochimique	Jaunissement puis brunissement de la surface (pour les essences claires) Brunissement pour les façades non exposées à la pluie
2	Délavage de la lignine désintégrée (pour les façades exposées)	- Pluie battante - Eau ruisselante	Perte de la couleur originelle
	Lente désintégration photochimique de la cellulose	- Rayonnement UV	Blanchiment du bois, la couleur blanchâtre de la cellulose apparaît
	Erosion Apparition de fentes	- Réaction photochimique - Pluie battante - Eau ruisselante	
3	Apparition du bleuissement	Température et humidité optimales de 25°C et H%>30 pour le bleuissement (Pullularia pullulans)	La surface devient grise bleuâtre à grise noire Les façades protégées deviennent brunes

Les cinétiques de changement de couleur mesurées montrent que l'évolution de la couleur en extérieur a lieu principalement au cours des premiers mois pour tendre ensuite vers une stabilisation. Ce point peut être intégré dans la conception architecturale de l'ouvrage.

1.3. Critères économiques

Si les critères de choix reposent sur des bases exclusivement économique, un comparatif des coûts est un exercice périlleux. Les coûts dépendent de la disponibilité, des sections, des qualités, des taux d'humidité, des arrivages pour les bois d'importation, des volumes...etc.

Le tableau suivant se veut uniquement indicatif et comparatif, il intègre la « notion » de disponibilité pas toujours simple à apprécier.

Essences	Spécification	Indicateur de prix F HT / m ³	Disponibilité
Essences locales et « bois du nord »			
Chêne	menuiserie	4 300 F	Importante
	Plot ep .65 mm, séché	6 500 F	
	Pièces équerries, charpente	2 100 F	
Sapin & Epicéa	Madriers, chevrons (vert)	1 100 F	Importante
	« du nord » bois de fermette	1 200 F	
	« du nord » charpente	1 300 F	
	Qualité charpente local	1 200 F	
	Sur liste	1 500 F	
Pin sylvestre	LC, non séché	1 400 F	Importante
Mélèze	sec	3 200 F	Régulière
Douglas			Importante
Acacia	Plot	2 000 F à 3 300 F	Limitée

Bois d'importation			
Red Cedar	Avivés, non sec	5 700 F	Régulière
Azobé (IV)	Plot	4 000 F	Importante
Ipé (IV)	Plot	5 100 F	Régulière
Iroko (III)	Avivé sans aubier	5 300 F	Importante
Teck (IV)	Plot	18 000 F	Régulière
	Avivés	24 000 F	
Moabi (IV)	Plot	3 800 F	Régulière
Bilinga (IV)	Avivés	3 800 F	Importante
Doussié (IV)	Plot	5 500 F	Limitée
Macarranduba (IV)	Platelage prêt à poser	7 700 F	Importante

Traitement & Séchage			
Séchage résineux	18%	200 F	
Trempage		120 F	
Autoclave	Classe IV	400 F	

1.4. Critères de durabilité

Le bois, comme toutes les matières organiques naturelles, est biodégradable. Un ouvrage en bois est soumis à des risques biologiques, différents suivant les conditions de mise en œuvre et notamment du risque d'humidification du matériau. La norme européenne EN335-1 définit 5 classes de risques. Le tableau suivant donne pour chacune des classes de risques, sa définition, des exemples d'ouvrages, les risques et la profondeur de la zone « vulnérable ».

Classes de risques	Définition	Exemples	Risques	Profondeur de la zone « vulnérable »
1	Humidité du bois inférieure à 18%	Meubles Parquets intérieurs	Insectes à larves Termites*	0 à 3 mm
2	Humidifications possibles par condensations superficielles	Charpente Ossatures	Insectes à larves Termites* Pourritures superficielles	0 à 3 mm
3	Alternance humidité sécheresse	Fenêtres Bardages	Insectes à larves Termites* Pourritures à virulence variable selon exposition	0 à 6 mm
4	Humidité du bois souvent supérieure à 20%	Poteaux Mobilier d'extérieur	Insectes à larves Termites* Pourritures profondes	Tout le volume du bois
5	Bois au contact de l'eau de mer	Aménagements extérieurs en bord de mer	Térébrants marins Pourritures profondes	Tout le volume du bois

* Le risque termites ne touche que certaines régions en France.

La première étape de la préservation des bois est la conception. Elle doit viser par des mesures de protection constructive à limiter le plus possible le risque d'humidification du bois et permettre une plus grande durée en service de l'ouvrage. Quelque soit l'essence choisie, elle ne saura pallier les erreurs du concepteur.

La durabilité naturelle des bois n'est pas une notion absolue. Il convient de distinguer plusieurs durabilités : vis à vis des champignons, vis à vis des capricornes des maisons, vis à vis des termites ...

La durabilité naturelle d'un bois est liée au phénomène de duraminisation : chez certaines essences, le bois parfait (bois non fonctionnel qui ne conduit plus la sève et ne contient plus de cellules de parenchyme vivantes) subit une transformation (duraminisation) qui se traduit par une imprégnation du bois par différentes substances (tannins) et par une fermeture des voies de circulation de la sève. Le bois parfait duraminisé appelé « duramen » présente des durabilités naturelles variables suivant les essences, alors que tous les aubiers et le bois parfait non duraminisé (comme chez le Hêtre, le Peuplier, le Sapin, l'Epicéa) présentent des durabilités naturelles faibles à nulles.



Section d'un tronc de Douglas (Duramen orange, aubier jaune)

On peut également noter que la durabilité naturelle d'un bois n'est corrélée à aucune autre propriété : ni à la densité, ni à la couleur. Elle ne peut pas être déduite et doit obligatoirement être déterminée par des essais biologiques réalisés en laboratoire ou sur sites. La norme européenne EN350-2 donne les durabilités naturelles pour les essences tempérées et tropicales les plus courantes.

La durabilité naturelle vis à vis des champignons est classée selon 5 niveaux : 1 (très durable), 2 (durable), 3 (moyennement durable), 4 (faiblement durable), 5 (non durable). L'information concerne le bois parfait : on sait qu'aucun aubier n'est durable.

La durabilité naturelle vis à vis des insectes à larves (capricorne des maisons et petite vrille) est classée selon deux niveaux : S (sensible), D (durable). L'information concerne uniquement l'aubier dans le cas des essences à bois parfait duraminisé (essences à aubier différencié) ou tout le volume du bois dans le cas des essences à bois parfait non duraminisé (essences à aubier non différencié). On considère qu'un bois parfait duraminisé ne sera jamais attaqué par les insectes à larves. De plus, le capricorne des maisons n'attaque que les résineux.

La durabilité naturelle vis à vis des termites est classée selon trois niveaux :

D = durable, M = Moyennement durable, S = sensible.

L'information concerne le bois parfait : là encore on sait qu'aucun aubier n'est durable.

Le tableau suivant donne les durabilités naturelles de quelques essences (d'après norme EN350-2).

	Durabilités naturelles			
	Champignons	Capricornes des maisons	Petites vrillettes	Termites
Epicéa	4	S (tout le volume)	S (tout le volume)	S
Pin sylvestre	3-4	S	S	S
Hêtre	5		S (tout le volume)	S
Chêne blanc	2		S	M
Robinier faux acacia	1-2		S	D
Moabi	1		Données insuffisantes	D

Le tableau suivant permet pour ces mêmes essences de répondre à la question suivante : « l'essence, purgée d'aubier, est-elle utilisable sans un traitement de préservation dans la classe de risque considérée ? ».

	Classe de risques			
	1	2	3	4
Epicéa	non	non	non	non
Pin sylvestre	oui	oui	oui	non
Hêtre	non	non	non	non
Chêne	oui	oui	oui	oui
Acacia	oui	oui	oui	oui
Moabi	oui	oui	oui	oui

On peut remarquer que dans le cas de l'Epicéa et du Hêtre, quelque soit l'utilisation qui sera faite du bois, le traitement chimique est nécessaire si l'on souhaite préserver le bois de toute attaque biologique. Cependant, en classe de risques 1, le risque (insectes uniquement) peut être accepté dans le cas d'un produit qui ne réclame pas une durée de vie en service longue.

Une essence présentant une durabilité suffisante pour être mise en œuvre sans traitement chimique en classe 1 et 2 pourra conserver ses performances pendant plusieurs siècles. En classe 3, on estime qu'une essence suffisamment durable offre une durée de service de plus de 25 ans.

Lorsque l'essence n'est pas suffisamment durable pour la classe de risques considérée et pour les performances requises, le traitement chimique s'impose. Il doit être fait avec un produit adapté et un procédé permettant de répondre aux exigences de pénétration et de rétention pour la classe de risques concernée.

1.5. Finitions : peintures et lasures

Une finition extérieure ne peut jamais se substituer à la préservation. Un traitement de préservation intéresse la totalité du volume sensible et pas seulement la surface exposée.

Le rôle d'une finition consiste à maintenir le bois à une humidité d'équilibre compatible avec la destination de l'ouvrage et surtout à maintenir ce taux d'humidité à un taux inférieur aux conditions de développement des champignons lignivores.

Les critères de choix d'un système de finition extérieure reposent sur deux points essentiels :

- Exigence de stabilité dimensionnelle des bois constituant l'ouvrage, en tout état de cause compatible avec les caractéristiques élastiques du film dans le cas d'une utilisation de peintures ou vernis. Le problème est moins patent dans le cas d'utilisations de lasures.
- Prise en compte des agressions climatiques qui dépendent principalement de l'exposition de l'ouvrage au soleil et à la pluie.

Le choix final du système de finition prend en compte également l'aspect et le rendu final de l'ouvrage. Les finitions transparentes, incolores ou très claires résistent peu au rayonnement solaire et à l'action des UV. Les finitions foncées et plus chargées en pigments résistent davantage mais contribuent pour les plus foncées à un échauffement surfacique du bois qui peut conduire à des variations dimensionnelles. Les finitions foncées ne sont pas recommandées pour les essences susceptibles de présenter des phénomènes d'exsudations de résine.

2. LES SOLUTIONS POUR ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES

2.1. Une expérience de plusieurs siècles

Certains ouvrages d'art ou édifices publics ont plusieurs siècles d'existence : ceci donne du recul pour mieux étudier la pérennité d'un ouvrage surtout comparée à celle de matériaux beaucoup plus jeunes comme le métal ou le béton armé précontraint ou non.

Les sources de désordres sont toujours liées à des infiltrations d'eau entraînant, dans le cas d'un défaut de drainage, l'apparition de fentes qui non maîtrisées peuvent venir affaiblir les assemblages.

Depuis l'antiquité des protections de type couverture et bardage ont été réalisées pour y remédier. Les ponts bâtis du Moyen-Âge assuraient leur longévité grâce à la protection que leur procuraient les constructions qu'ils supportaient (Pont de Bassano décrit par Palladio dans son livre troisième de l'Architecture, chapitre 10 ou de façon plus tangible puisque toujours valide, le pont de la chapelle à Lucerne datant de 1333 et les autres ponts du canton de Berne). On peut également remarquer que certaines de ces constructions avaient d'autres usages : principalement de commerce ou de péage, ce qui en justifiait doublement la couverture.



*Pont de Bassano del Grappa sur la Brenta
(Palladio - 1569)*



Kappelbrücke de Lucerne (1333)

A l'heure actuelle se réalisent encore des ponts en bois couverts. Leur structure est généralement constituée de poutres latérales en treillis, dont l'élancement est repris par la structure de la couverture. Ce type de configuration permet de franchir des portées très importantes avec un poids de matière très réduit. (N'oublions pas que la densité moyenne de l'épicéa est seulement de 0.45, celle du Douglas de 0.55, comparée à celle de l'acier qui est de 7.85 et celle du béton de 2.5).



Pont couvert du XVII^e siècle en Suisse



Pont couvert actuel aux Etats-Unis



*Pont sur la Dore (Puy de Dôme)
(1994 – D. Calvi)*



*Pont des Fayette (Isère)
(1998 – Artefact – Arborescence)*

Le risque fongique ou d'attaques d'insectes bien que maîtrisé depuis de longues dates par le choix d'essences naturellement durables et éventuellement par des traitements de surface adaptées (principalement à base d'huiles végétales) n'a cependant pas toujours été pris en compte pour les ouvrages ou parties d'ouvrages non protégées.

On sait également que si l'on n'a pas conservé plus de ponts en bois c'est aussi parce qu'ils n'avaient pas été dimensionnés pour les besoins modernes (principalement largeur et portance) et qu'au moment de leur remplacement, en pleine révolution industrielle, les modes d'assemblages du bois qui n'ont connu une véritable évolution que beaucoup plus récemment en limitaient les performances au regard d'une certaine modernité.

2.2. Une approche rationnelle et scientifique

Les progrès réalisés dans les traitements des bois (tris, séchage, et éventuellement fongicide, insecticide), et leurs mises en œuvre (lamellé-collé, tailles et assemblages assistés par ordinateurs) ainsi que l'évolution des modes de calcul, permettent une approche rationnelle et scientifique du matériau.

Les bois employés sont choisis naturellement durables ou éventuellement traités, classe 3 ou 4 selon les expositions.

Ils sont tous à un taux d'humidité voisin de 15% au moment de leur mise en œuvre sur site, c'est à dire proche de leur équilibre hygroscopique. Ceci permettra aux différentes pièces d'offrir un jeu minimum en service.

On se reportera à la carte donnant l'équilibre hygroscopique du bois en France selon les saisons : A Paris par exemple cet équilibre variera de 13 à 19% selon les saisons, soit un taux moyen de 16%, et à Marseille de 11 à 17%, soit 14%.

Ces deux règles de durabilité et d'équilibre hygroscopique garantissent déjà théoriquement la pérennité du matériau en lui-même.

Néanmoins certaines formes ou certains assemblages peuvent provoquer des rétentions d'eau qui augmenteront localement le taux d'humidité du bois au-delà de l'équilibre hygroscopique prévu. En général ces pièces de bois sont prévues en classe 4 et leur tenue dans le temps est garantie. Il n'en demeure pas moins sage en raison des jeux de retrait / gonflement engendrés de prévoir un capotage et un drainage, ne serait-ce que pour en diminuer les effets.

2.3. Dispositions constructives

Deux autres règles vont donc venir garantir, dans la pratique, cette pérennité :

- éviter que l'eau ne pénètre dans le bois (**c'est la règle du capotage**)
- éviter que l'eau ne reste dans le bois (**c'est la règle du drainage**) - i.e. l'eau qui risque de pénétrer doit ressortir rapidement

L'eau pénètre dans le bois :

- quand sa surface de fil est en contact prolongé avec de l'eau,
solution : capotage et/ou drainage rapide.
- quand ses sections en bois debout sont exposées (absorption par capillarité aux extrémités des pièces),
solution : capotage.
- quand des points de pénétrations sont réalisés (assemblages pénétrants non protégés : boulons etc.)
solution : capotage et/ou drainage.

Capotage et drainage sont finalement les deux réflexes du constructeur bois, après qu'il ait pris soin d'éviter autant que faire se puisse de réaliser des configurations à risques potentiels. Ces dernières vont être systématiquement capotées soit par une structure parapluie (ponts couverts - qui résolvent bien les problèmes de protection mais qui créent une contrainte de gabarit, à la fois architecturale et d'accessibilité), soit par des capotages localisés.

Le capotage peut ainsi être réalisé par :

- des produits de surface appliqués en phase liquide (lasure, peinture, vernis)
- des feuilles métalliques (plomb, zinc, cuivre, aluminium ou acier laqué) (cf. pont de Merle, pont de Scuols, etc.)



*Pont de Merle (Corrèze)
(1999 – H. David J.L. Michotey Ch. Poumeau)*



Dalle de couverture en béton



Protection des pieds de béquille

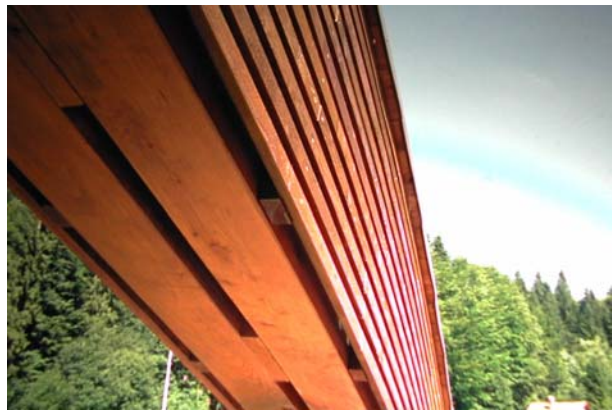


Protection des croisements de béquille

- des pièces d'usure en bois (cf. pont autrichien et pont de Zollhaus)
- des systèmes « parapluie » (pont Chamonix + pont St Gervais sur Meymont, passerelle d'Ern etc. ...)



Pont de Zollhaus (Suisse)



Protection des arcs

Le choix se fera en fonction des paramètres suivants :

- Aspect de surface recherché
- Accessibilité à l'entretien des parties à capoter
- Degré d'exposition
- Gabarit général de l'ouvrage

Le drainage peut être réalisé par :

- des gorges de décharge judicieusement placées avec un principe de circulation d'air,
- la ventilation des sous faces de capotage.

La ventilation des sous faces de capotage sera d'autant plus importante que ce capotage sera étanche à la vapeur d'eau (comme par exemple les capotages métalliques) et donc susceptible d'enfermer de l'humidité (notamment de condensation).

2.4. Entretien

L'entretien d'un ouvrage en bois variera selon la longévité des capotages réalisés : De quelques années pour les lasures à quelques décennies pour les capotages en bois.

A titre indicatif, les Ponts et Chaussées suisses considèrent qu'ils auront à refaire un capotage en profilés de mélèze purgé d'aubier tous les 30 ans. Si l'on considère qu'il faut effectuer une réfection de la peinture des ponts métalliques tous les 20 ans, et que pour les ponts en Béton - Armé, les avis sont plus que contrastés, le problème de l'entretien apparent du bois peut devenir au contraire un de ses atouts, pour peu que les règles édictées ci-dessus soient respectées.

Il faudra distinguer tout d'abord, l'entretien des fonctions d'**usages et de solidité** de celles d'**aspect**. Plus que le béton ou même l'acier, le bois est sensible à la décoloration due aux rayonnements ultraviolets. Cette décoloration n'a aucune incidence sur la solidité de l'ouvrage mais peut transformer de façon appréciable son aspect. **Par contre, à la différence notable de l'acier, les parties d'ouvrages à l'abri des UV et de l'eau, pourra être considérée, pratiquement sans entretien du point de vue de son aspect (et bien sûr de sa solidité si aucun « accident » ne vient perturbé son mode de travail).**

Le maintien de l'aspect du bois naturel - comme exemple d'un aspect recherché - qui est possible par l'application de lasure, nécessite un entretien, certes très simple mais très régulier (3 à 5 ans selon les produits et les expositions).

Les lasures sont en effet biodégradables par farinage sans écaillage et leur rénovation ne demande qu'un nettoyage puis une nouvelle application. Pour reprendre l'exemple de la Suisse, nos voisins acceptent également de ne lasurer leur capotage qu'une seule fois lors de la construction du pont et de laisser ensuite une dégradation naturelle s'opérer jusqu'à la fin de vie du dit capotage (>30ans). Le vieillissement de la lasure va en effet permettre une décoloration plus douce et plus claire bien au-delà de la durée de vie de la dite lasure.



Lasure du pont de Merle

Le maintien de l'aspect des peintures dépend avant tout d'une part de la stabilité du support (donc de l'équilibre hygrométrique du bois) et d'autre part de son exposition aux UV. Deux facteurs sont alors déterminants : le contrôle du taux d'humidité du bois lors de l'application de la peinture et l'élasticité du film de peinture étanche à l'eau et perméable à la vapeur d'eau. Certains fabricants Nord-américains garantissent déjà leurs bois peints en atelier pour plus de 15ans. On peut néanmoins penser que la fréquence d'entretien des peintures sur bois ne pourra pas dans un avenir proche être semblable à celles sur l'acier, dans la mesure où son renouvellement (quand bien même on arriverait à 20 ans comme pour l'acier) devra se faire sur site et donc dans des conditions hygrométriques non contrôlées.

Le maintien de l'aspect des capotages en zinc, cuivre, ou aluminium laqué se passe en général d'entretien.

Les capotages en bois sont en général conçus avec des essences qui « argentent » ou brunissent en vieillissant de façon harmonieuse évitant en cela tout entretien d'ordre esthétique. Il en sera évidemment de même pour les ouvrages en bois sans capotage et sans lasure ou peinture.

Les ancrages et les assemblages ne requerront aucun entretien systématique, les visites de contrôle détermineront les maintenances éventuelles à opérer au cas où des organes montreraient des signes de vieillissement prématuré. Les pays germaniques considèrent néanmoins que bien conçus, ces assemblages

ne mériteront aucun entretien. Les Ponts et Chaussées du canton de Fribourg considèrent quant à eux que la durée de vie « garantie » du pont de Zollhaus sera de 80ans, ce qui à n'en pas douter permettra aux ingénieurs qui l'ont conçu de passer une retraite tranquille.

L'évolution des matériels de levage disponibles notamment en location, permet d'alléger de façon notable les dispositifs nécessaires à l'accessibilité des parties d'ouvrages à entretenir et d'éviter de créer « la maintenance de la maintenance » en obligeant à maintenir les dispositifs nécessaires à la maintenance. Il faut néanmoins prévoir les visites de contrôle, notamment pour les parties d'ouvrages peu visibles aux jumelles.

On notera enfin que le bois est un matériau qui peut se travailler aisément y compris sur site et qu'à ce titre il est plus facilement « réparable » que le béton ou même l'acier.

3. CONCLUSION

Le bois est un véritable matériau de construction dont la mise en œuvre à ses règles spécifiques :

- Choisir une essence disponible et naturellement durable en n'utilisant que le « bois parfait »,
- Concevoir les ouvrages pour protéger la structure de l'humidité et des U.V. par capotage et drainage,
- Mettre en œuvre les bois à un taux d'humidité proche de leur équilibre hygroscopique final.

Ces règles permettent de garantir une durabilité au moins équivalente voire supérieure à celle des autres matériaux ... mais ne dispense pas le gestionnaire d'un entretien régulier.

Pour conclure, il apparaît important de souligner, que dans l'hypothèse où l'on continue à gérer le patrimoine des ponts sous l'angle qui privilégie les grosses réparations au détriment d'un entretien régulier permettant de maintenir « à neuf », les ouvrages d'art en bois devront s'orienter vers des capotages à grande durée de vie (comme l'exemple du pont de Zollhaus). A l'inverse si l'on suit la démonstration de Jacqueline Llanos, on pourra également élargir le champ des configurations d'aspect possibles avec l'assurance d'un entretien régulier et économique.