



# Impact du séchage sur le rendement MSR

FPInnovations  
Samuel Cuerrier Auclair, M.Sc., ing.

26 Avril 2024



# Agenda

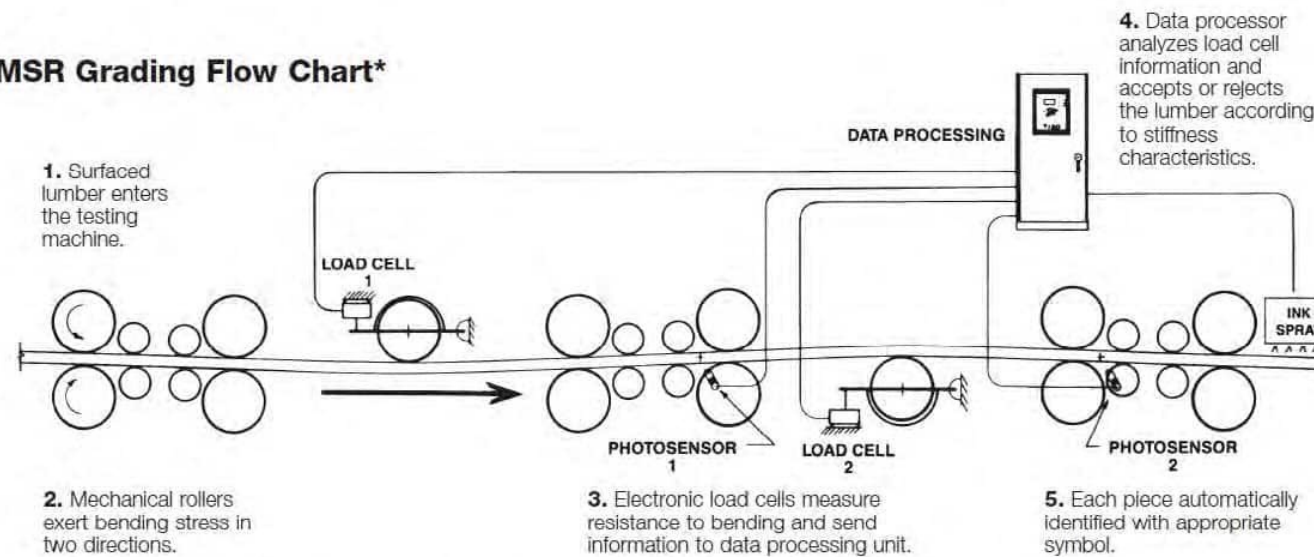
- **Classement Bois MSR**
  - Historique
  - Technologies
- **Produits du bois**
  - Produits normalisés
  - Produits propriétaires
- **Influence de la teneur en humidité sur le MOE**
- **Impact de la teneur en humidité sur le classement MSR simulé**





# Bois MSR

## MSR Grading Flow Chart\*



\*Continuous Lumber Tester (CLT) Mechanical Schematic





## Bois MSR – Historique

- Le classement du bois est un processus non-destructif pour caractériser le bois en fonction de sa qualité afin de prédire sa résistance et sa rigidité.
- Traditionnellement, le bois était classé visuellement en fonction des défauts visibles tels que les nœuds, la pente du fil, la flache, etc.
- Afin d'améliorer le processus de classement, des machines mécaniques ont été introduites en Amérique du Nord en 1963. Ces machines évaluaient pièce par pièce la rigidité du bois en combinaison avec un classement visuel effectué par un employé.
- Ce type de classement a évolué vers un classement nommé MSR (*Machine Stress Rated*) maintenant légiféré par NLGA SPS 2 au Canada.



## Bois MSR – Historique

- Les premières machines MSR évaluaient la rigidité en flexion (MOE) de façon mécanique en flexion à plat.
- La qualité du classement en usine est ensuite validée en laboratoire par un échantillonnage aléatoire suivant les principes de la charte de contrôle CUSUM « *Cumulative Sum* » spécifiés dans la norme NLGA SPS 2.
- Avec les années, différentes technologies à travers le monde ont été développées pour mesurer le MOE en production afin d'être soit plus précis, plus rapide ou pour minimiser l'entretien de l'équipement.
- Ces machines utilisent différentes technologies et principes: la flexion sur plusieurs points, les rayons X, la vibration transversale ou encore longitudinale.



# Bois MSR – Propriétés mécaniques

- Le classement MSR permet une meilleure utilisation de la fibre
- Un classement MSR permet d'utiliser de meilleures propriétés mécaniques (MOE et MOR) tirées de la norme CSA O86

## VISUEL

## MSR

**Table 6.4**  
Specified strengths and moduli of elasticity for structural joists and planks, structural light framing, and studs, MPa  
(See Clauses [6.3.1.1](#), [6.3.1.2](#), [6.3.2](#), [6.5.3.1](#), [6.5.5.2.4](#), [6.5.5.2.5](#), [6.5.6.2](#), [6.5.8](#), [10.5.3-10.5.5](#), [10.6.3.1](#), [10.6.3.6](#), [12.4.4.4](#), [12.4.4.5](#), [A.6.5.5.3.6](#), and [A.5.4.2.2](#) and Tables [6.8](#), [6.9](#), and [8.2](#).)

Species combination	Grade	Bending, $f_b$	Longitudinal shear, $f_v$	Compression		Tension parallel to grain, $f_t$	Modulus of elasticity	
				Parallel to grain, $f_c$	Perpendicular to grain, $f_{cp}$		$E$	$E_{05}$
Douglas Fir-Larch	SS	16.5		19.0		10.6	12 500	8500
	No. 1/No. 2	10.0	1.9	14.0	7.0	5.8	11 000	7000
	No. 3/Stud	4.6		7.3		2.1	10 000	5500
Hem-Fir	SS	16.0		17.6		9.7	12 000	8500
	No. 1/No. 2	11.0	1.6	14.8	4.6	6.2	11 000	7500
	No. 3/Stud	7.0		9.2		3.2	10 000	6000
Spruce-Pine-Fir	SS	16.5		14.5		8.6	10 500	7500
	No. 1/No. 2	11.8	1.5	11.5	5.3	5.5	9500	6500
	No. 3/Stud	7.0		9.0		3.2	9000	5500
Northern Species	SS	10.6		13.0		6.2	7500	5500
	No. 1/No. 2	7.6	1.3	10.4	3.5	4.0	7000	5000
	No. 3/Stud	4.5		5.2		2.0	6500	4000

**Table 6.8**  
Specified strengths and modulus of elasticity for machine stress-rated lumber, 38 mm wide by all depths, MPa  
(See Clauses [6.3.2](#), [10.5.3-10.5.5](#), [10.6.3.1](#), [10.6.3.6](#), and [A.6.5.6](#) and Table [8.2](#).)

Grade	Bending, $f_b$	Modulus of elasticity, $E$	Tension parallel to grain, $f_t$		Compression	
			64-184 mm	> 184 mm*	Parallel to grain, $f_c$	Perpendicular to grain, $f_{cp}†$
1200F <sub>b</sub> -1.2E	17.4	8300	6.7	—	15.1	5.3
1350F <sub>b</sub> -1.3E	19.5	9000	8.4	—	16.9	5.3
1450F <sub>b</sub> -1.3E	21.0	9000	9.0	—	17.3	5.3
1500F <sub>b</sub> -1.4E	21.7	9700	10.1	—	17.5	5.3
1650F <sub>b</sub> -1.5E	23.9	10 300	11.4	—	18.1	5.3
1800F <sub>b</sub> -1.6E	26.1	11 000	13.2	—	18.7	5.3
1950F <sub>b</sub> -1.7E	28.2	11 700	15.4	—	19.3	5.3
2100F <sub>b</sub> -1.8E	30.4	12 400	17.7	—	19.9	6.5
2250F <sub>b</sub> -1.9E	32.6	13 100	19.6	—	20.5	6.5
2400F <sub>b</sub> -2.0E	34.7	13 800	21.6	—	21.1	6.5
2550F <sub>b</sub> -2.1E	36.9	14 500	23.0	—	21.7	6.5
2700F <sub>b</sub> -2.2E	39.1	15 200	24.1	—	22.3	6.5
2850F <sub>b</sub> -2.3E	41.3	15 900	25.8	—	22.9	6.5
3000F <sub>b</sub> -2.4E	43.4	16 500	26.9	—	23.5	6.5

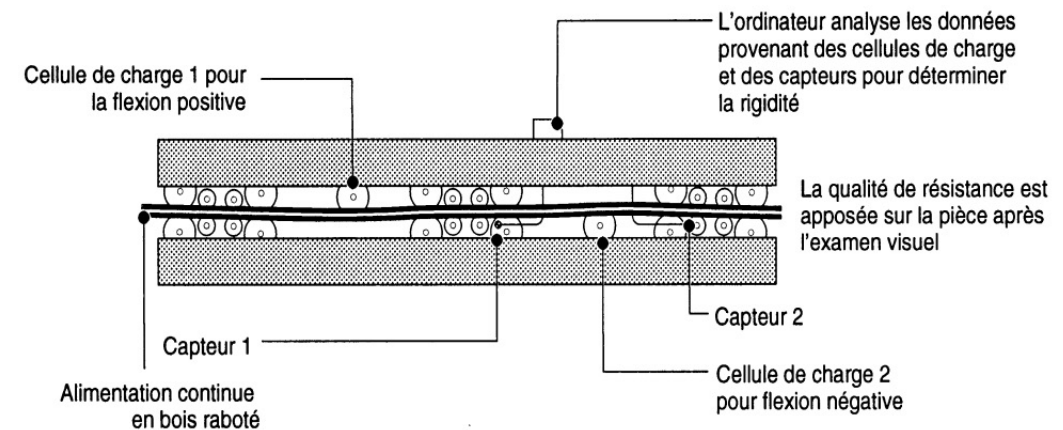


# Technologies



## Bois MSR – Lumber Strength Analyzer – Bending, Metriguard HCLT 7200

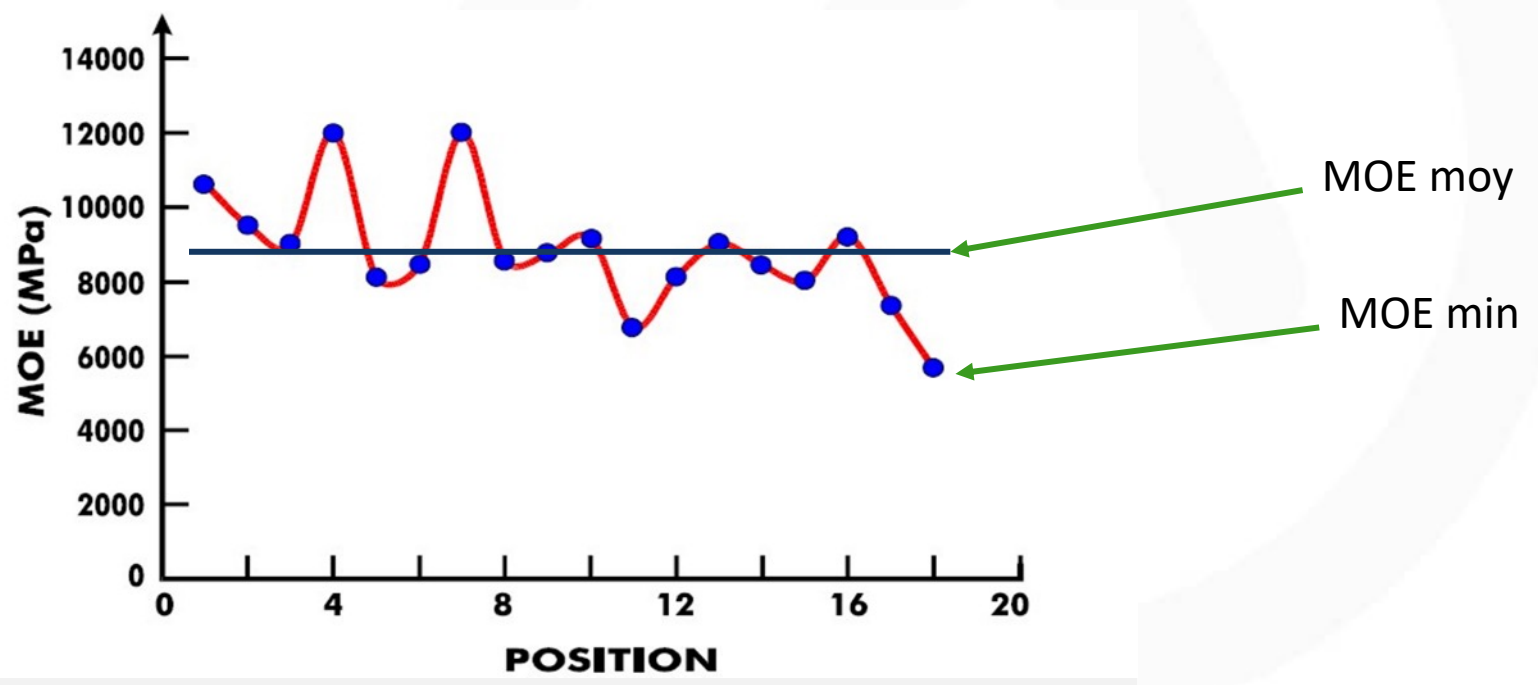
- Induit une flexion positive et négative à plat sur les pièces sortant de la raboteuse
- Déformée constante de 9,5 mm (3/8 ") sur une portée de 1220 mm (48")
- Lecture continue à l'exception de 610 mm (2') sur chaque bout
- MOE minimum et moyen sont évalués





# Technologies

## Bois MSR – Lumber Strength Analyzer – Bending, Metriguard HCLT 7200





# Technologies



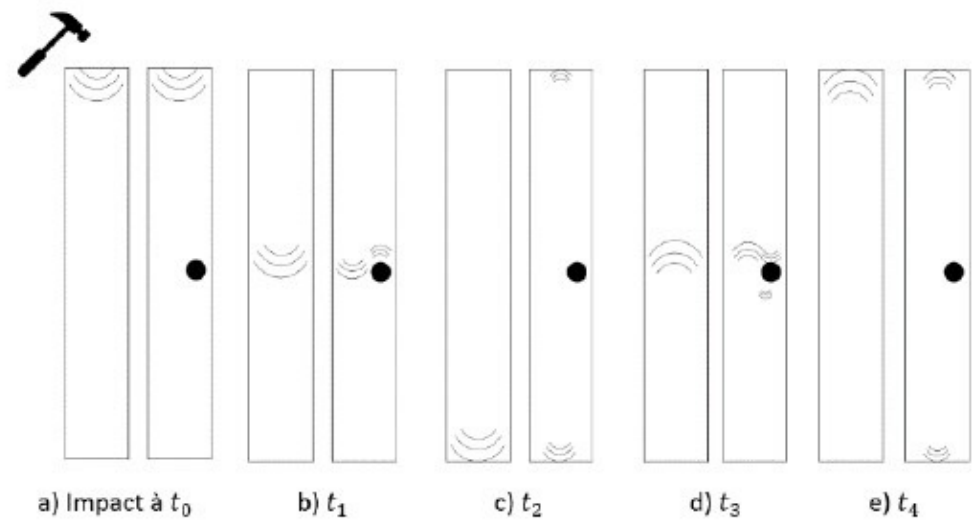
## Bois MSR – Technologie acoustique

- Machines qui mesurent le MOE par une vibration longitudinale (p. ex. *Ecoustic* et *Metriguard Sonic grader*, *Dynagrade*)
- Le bout des pièces est frappé par un marteau
- Un microphone capte la fréquence des ultrasons à la suite de l'impact
- La fréquence dépend de la densité de la pièce, de sa longueur et de son MOE
- Seul un MOE moyen est mesuré



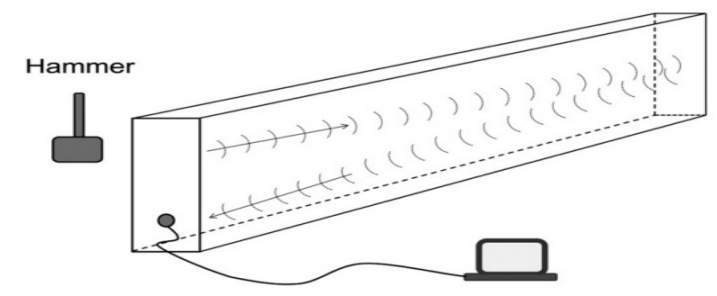
# Technologies

## Bois MSR – Technologie acoustique



$$MOE = (2 \times L \times f)^2 \times \rho$$

$$MOE = \frac{4mLf^2}{bh}$$

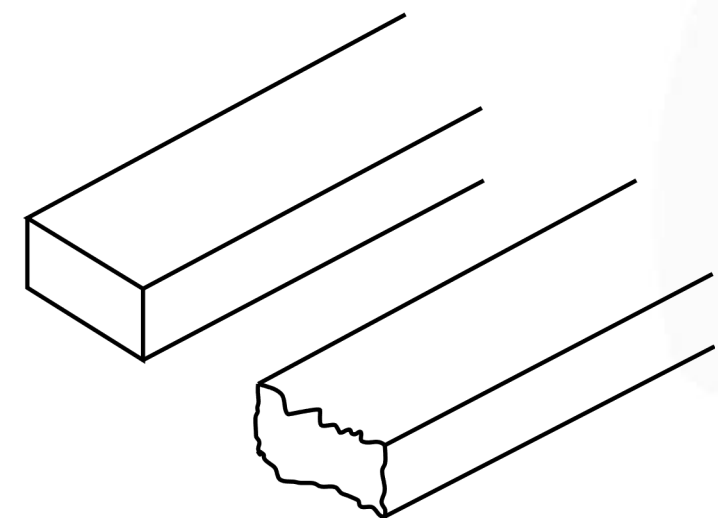






# Technologies

## Bois MSR – Technologie acoustique

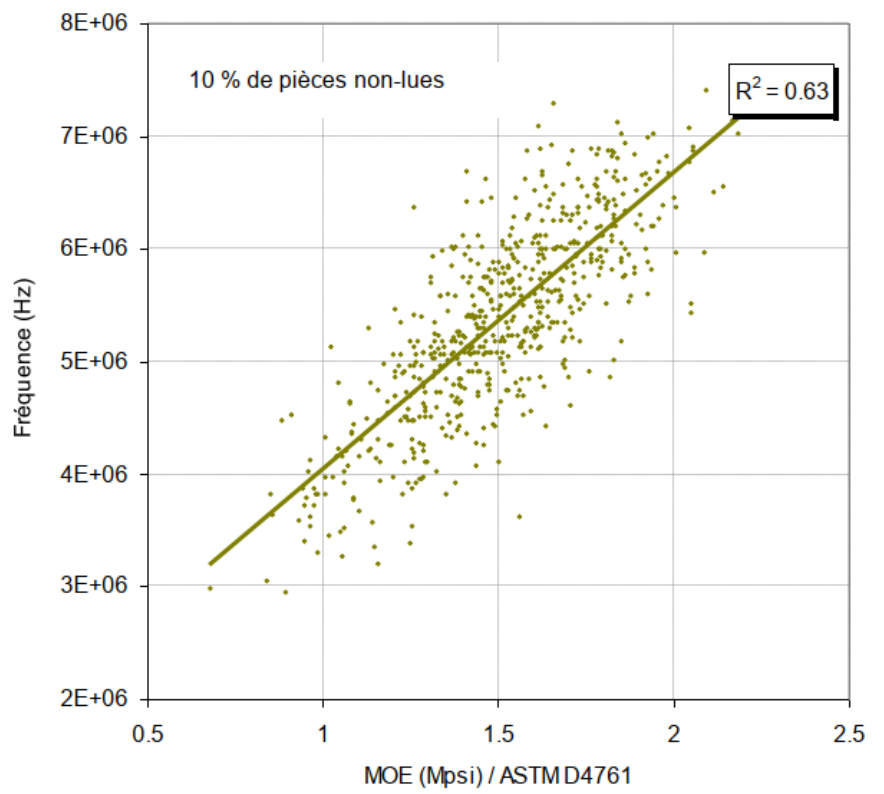
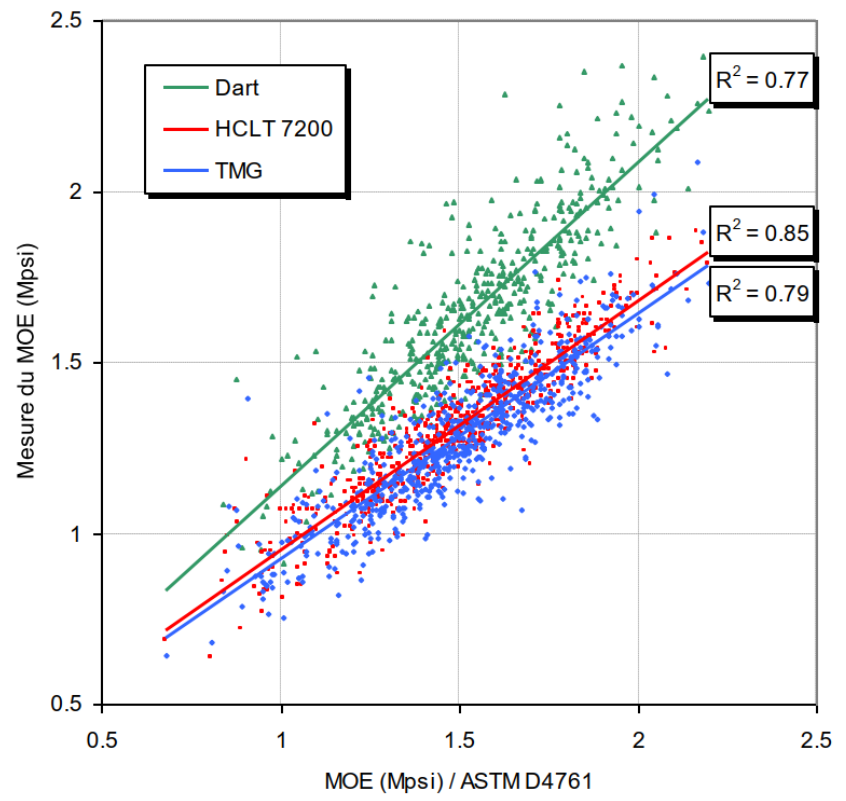








# Bois MSR – Produit du bois



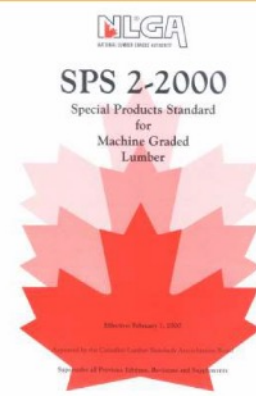
## Bois MSR – Produit du bois

 **S-P-F**  
**S-DRY**  
**MSR**  
**477** **NLGA**  
**2100Fb 1.8E**

— Agence de classement  
— Identification de l'usine  
— Groupe d'essences  
— Taux d'humidité  
— Module d'élasticité calculé  
— Résistance à la flexion  
à la rupture prévue

### Au Canada:

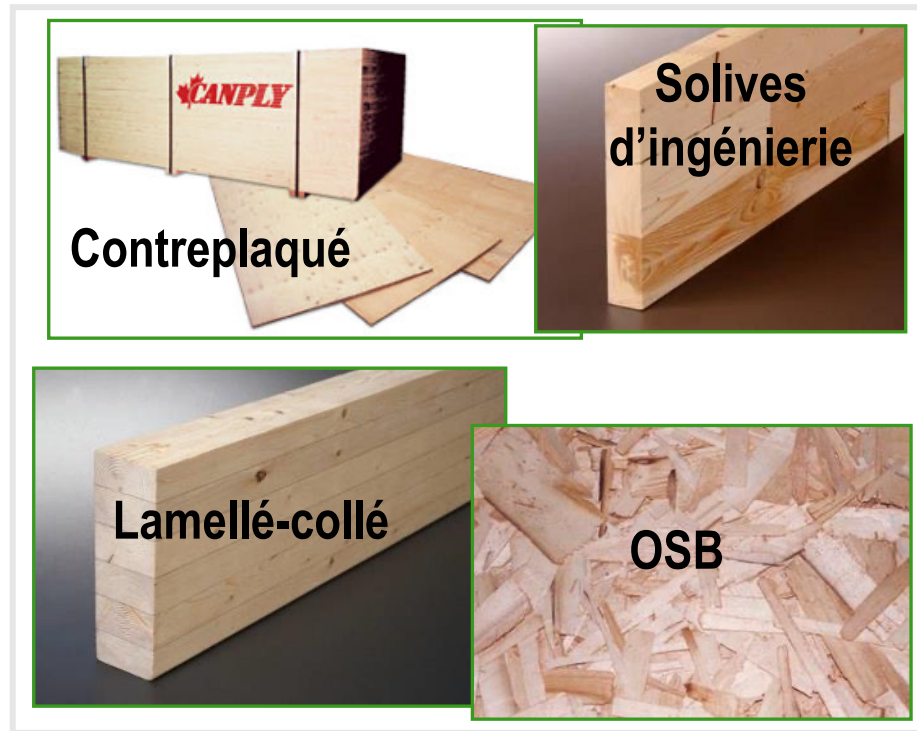
- Code national du bâtiment (CNB 2020)
- Norme CSA O86-19 (Charpentes en bois)
- NLGA SPS-2 (Bois classé par machine)



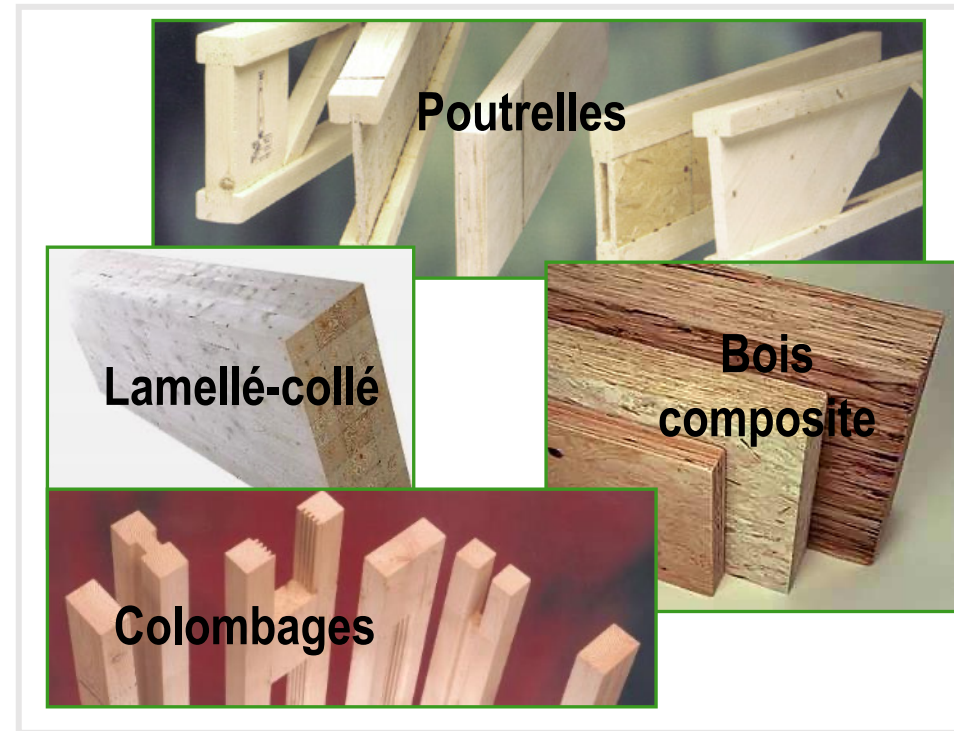


# Deux catégories de produits de construction

## Normalisés (CSA, NLGA, etc.)



## Propriétaires





## Produits normalisés

Lorsque les produits structuraux entrent dans la catégorie « **produits normalisés** », le producteur doit suivre les normes établies reconnues au Canada, par exemples :

- **Commission nationale de classification des sciages (NLGA)**
  - Bois de sciage
  - Normes de produits spéciaux (SPS-1, SPS-2, SPS-3, SPS-5, SPS-6...)
- **Normes CSA**
  - Bois de sciage (CSA O141)
  - Bois lamellé-collé (CSA O122, O177)
  - Bois lamellé-mécaniquement (CSA O125)
  - Contreplaqué, OSB (CSA O121, O151, O325)
- **Norme ANSI**
  - Bois lamellé-croisé CLT (ANSI/APA PRG 320 – reconnue dans CNB 2020 et CSA O86-19)
  - ANSI A190.1-2022 Product Standard for Structural Glued Laminated Timber



## Produits propriétaires

Lorsque les produits structuraux ne peuvent être fabriqués à partir d'une norme reconnue existante, une **équivalence** doit être demandée.

L'évaluation de la conformité d'un produit structural propriétaire passe par une:

- **Évaluation**
  - Document écrit, rédigé par un organisme professionnel indépendant et attestant que ce produit se comportera de la façon prévue dans un bâtiment
  - Évaluation normalement réalisée par le CCMC à partir d'un guide technique
  - Essais en laboratoire accrédité ISO 17025
- **Certification**
  - Un organisme indépendant confirme qu'un produit satisfait à une exigence (ex: guide technique du CCMC). La certification comporte la réalisation d'essais en laboratoire et la vérification en usine par un tiers. La certification est autant pour un produit propriétaire que normalisé





# Poutrelle ajourée et poutrelle en I

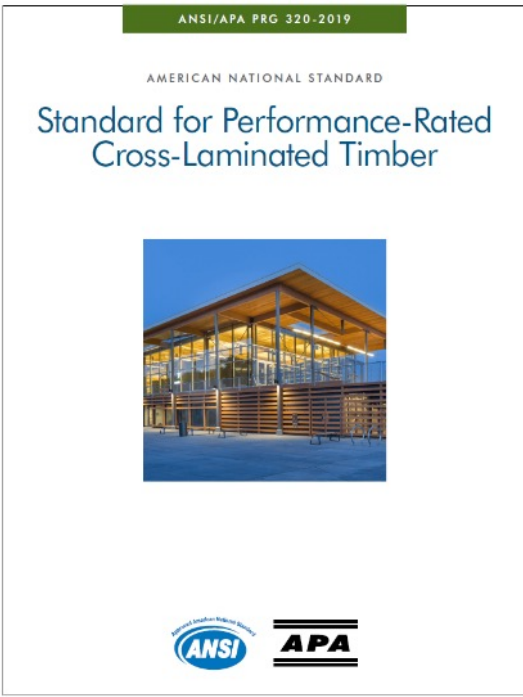






# Fermes de toit





## CLT

### ANNEX A. Design Properties for PRG-320 CLT (Mandatory)

This Annex provides the design properties for basic CLT grades and layups listed in Table A2 using the lamination design values provided in Table A1. The CLT grades and layups represent the CLT production intended for use by the CLT manufacturers in North America and are based on the following:

- E1: 1950f-1.7E Spruce-pine-fir MSR lumber in all longitudinal layers and No. 3 Spruce-pine-fir lumber in all transverse layers
- E2: 1650f-1.5E Douglas fir-Larch MSR lumber in all longitudinal layers and No. 3 Douglas fir-Larch lumber in all transverse layers
- E3: 1200f-1.2E Eastern Softwoods, Northern Species, or Western Woods MSR lumber in all longitudinal layers and No. 3 Eastern Softwoods, Northern Species, or Western Woods lumber in all transverse layers



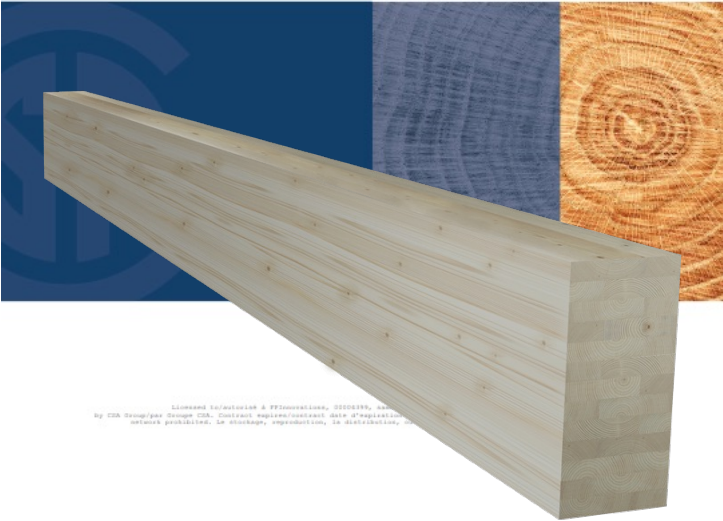



# Bois lamellé-collé



CSA 0177:23

## Règles de qualification des fabricants de bois de charpente lamellé-collé





CONSTRUCTION

### Rapport d'évaluation CCMC 13216-R Nordic Lam™

Répertoire normatif :	06 18 13.03
Publication de l'évaluation :	2006-04-12
Réévaluation :	2018-12-17

#### 1. Opinion

Le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) est d'avis que le produit « Nordic Lam™ », lorsqu'il est utilisé comme poutre et poteau en bois d'œuvre lamellé-collé selon les conditions et restrictions énoncées à la section 3 du présent rapport, est conforme au Code national du bâtiment – Canada (CNB) 2010\* :

- l'alinéa 1.2.1.1. 1(a) de la division A, lorsqu'on emploie les solutions acceptables suivantes de la division B :
  - article 4.3.1.1., Norme (CSA O86-F09, « Règles de calcul des charpentes en bois »)\*;
- l'alinéa 1.2.1.1. 1(b) de la division A constituant une solution de rechange permettant d'atteindre au moins le niveau minimal de performance exigé par la division B dans les domaines définis par les objectifs et les énoncés fonctionnels attribués aux solutions acceptables suivantes :
  - article 4.3.1.2., Éléments lamellés-collés;
  - article 9.23.4.2., Portées des chevrons, des solives et des poutres;
  - sous-section 9.23.

Cette opinion est fondée sur l'évaluation de la performance du produit Nordic Lam ci-dessous.

*\*Note. Pour fins de conformité, les documents de référence incluses doivent être révisés en conséquence. Conséquemment, la conformité actuelle ne peut être garantie et doit être incorporée par renvoi le CNB 2010.*

La décision n° 07-02-160 (13216) a été rendue par le ministre des Affaires municipales et du Logement (consultez la décision pour connaître les détails).

#### 2. Description

Bois d'œuvre lamellé-collé fait de sapin (E-P-S). Toutes les lamelles sont faites de courtes pièces, typiquement de 900 mm de longueur. Les lamelles sont multiples. Les couches d'au plus 10 mm d'épaisseur se comportent, soit une zone, soit trois zones.

Il est également possible de coller les joints de face et d'extrémité sont collés avec un adhésif Ashland UX-100/WD3-A22 (CCMC 13591-L).

L'Engineered Wood Association (EWA) est membre du programme d'assurance de la construction.

CCMC 13216-R. Tous droits réservés.



Influence de la  
teneur en humidité  
sur le classement  
MSR





## Ajustement du MOE pour tenir compte de la teneur en humidité

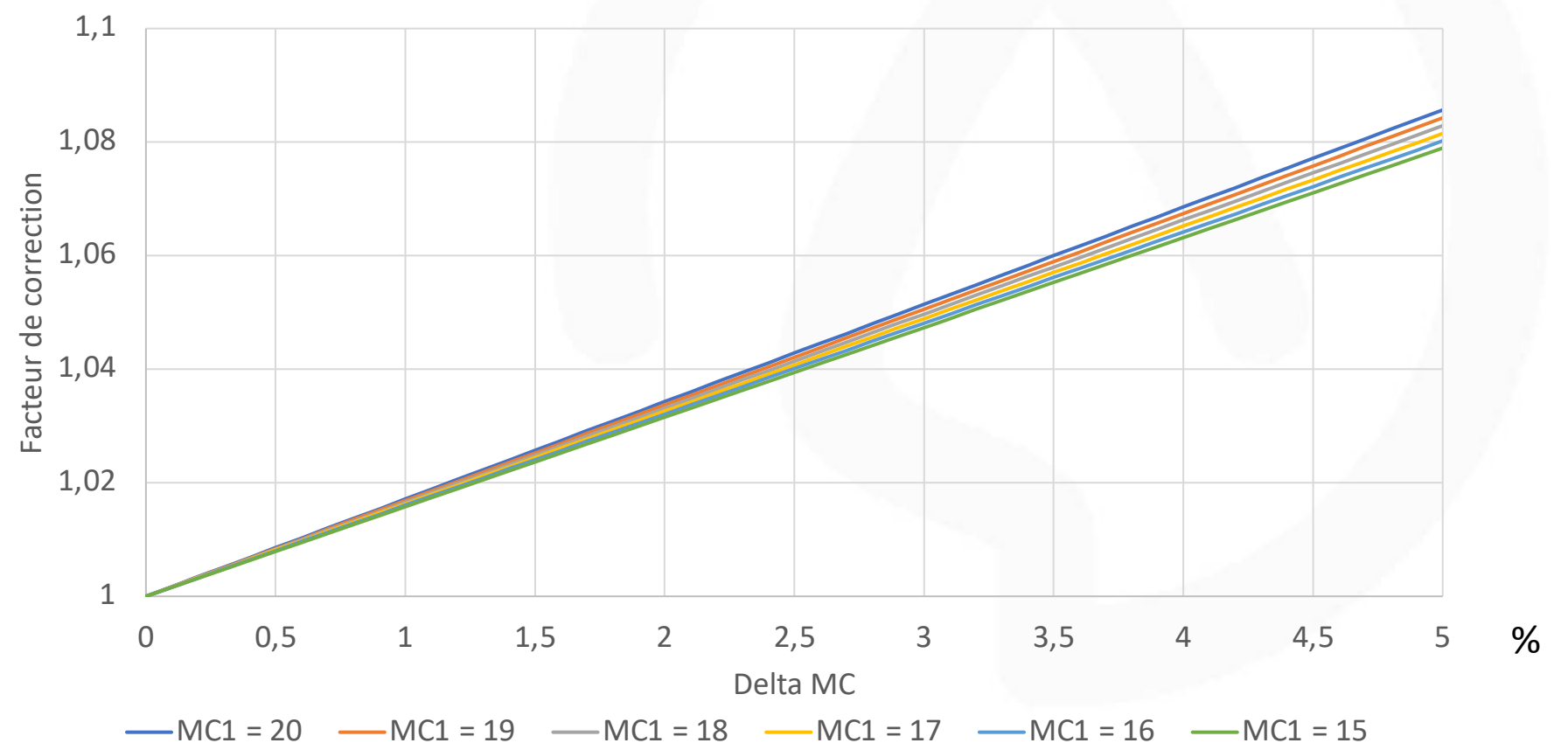
- La norme ASTM D1990 « *Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Visually-Graded Dimension Lumber from In-Grade Tests of Full-Size Specimens* » présente une équation pour évaluer l'effet de la teneur en humidité.
- Les corrections de plus de 5% devraient être évitées
- Grossièrement, pour chaque % de séchage supplémentaire, un gain de 1,6% sur le MOE est observable

$$MOE_2 = MOE_1 \frac{1.857 - 0.0237 \cdot MC_2}{1.857 - 0.0237 \cdot MC_1}$$





# Ajustement du MOE



Trousse MSR (*MSR Toolkit*)



## Outil de la gestion de la production MSR en assistant:

- l'ajustement des limites de classe
- le contrôle de la qualité
- l'analyse de production alternatives



## Simulation de rendement MSR

Bois séché à une moyenne de **19%**

**35,1 %** de 1.8E-2100Fb

**27,9 %** de 1.5E-1650Fb

**37,0 %** No.2 et meilleur

HPInnovations MSR Iookit - [Untitled]

File Edit Options Help

Sample MSR Grades Data Analysis

Options

MSR Conversion Personalized Conversion

Lot size:

Percentile:

Visual

Edge MOE

Span

Temperature

Moisture Content

Severity (%):

Grade	Average E	Minimum E
HighReject	250	250
2100F-1.8E	180	142
1650F-1.5E	150	123
LowReject	50	50

Apply

Count Sort Simulated production Optimized production Global distribution Grade distributions Applied conversions

Grade	Average E	Minimum E	Number	%	Value	%
HighReject	250	250	115	2.1%	0.00\$	0.0%
2100F-1.8E	180	142	1,941	35.1%	494,955.00\$	56.7%
1650F-1.5E	150	123	1,545	27.9%	378,525.00\$	43.3%
LowReject	50	50	1,930	34.9%	0.00\$	0.0%
Total			5,531		873,480.00\$	





## Simulation de rendement MSR

Bois séché à une moyenne de 15% par rapport à la production précédente séchée à 19%.

- 42,5 %** de 1.8E-2100Fb
- 26,6 %** de 1.5E-1650Fb
- 30,9 %** No.2 et meilleur

FPInnovations MSR Toolkit - [Untitled]

File Edit Options Help

Sample MSR Grades Data Analysis

Options

MSR Conversion Personalized Conversion

Lot size:  Percentile:

Visual  Edge MOE  Span  Temperature  Moisture Content

Grade	Average E	Minimum E
HighReject	250	250
2100F-1.8E	180	142
1650F-1.5E	150	123
LowReject	50	50

Apply

Count	Sort	Simulated production	Optimized production	Global distribution	Grade distributions	Applied conversions
Grade	Average E	Minimum E	Number	%	Value	%
HighReject	250	250	280	5.1%	0.00\$	0.0%
2100F-1.8E	180	142	2,348	42.5%	598,740.00\$	62.5%
1650F-1.5E	150	123	1,468	26.6%	359,660.00\$	37.5%
LowReject	50	50	1,430	25.9%	0.00\$	0.0%
Total			5,526		958,400.00\$	



## Impact du séchage sur le rendement MSR

- Pour une simulation de classement MSR sur du « mills-run » séché à une moyenne de 19 % par rapport au même groupe séché à une moyenne de 15 %, nous avons un **gain** de rendement de **7,4 %** sur le bois classé MSR 1.8E-2100Fb et une **réduction** de **1,3 %** sur le bois classé MSR 1.5E-1650Fb.
- Pour des valeurs de 0,250\$/PMP pour du No.2, 0,345\$/PMP pour du 1650 et 0,425\$/PMP pour du 2100, sécher le bois à 15% au lieu de 19% **augmente les revenus de 3,4% par PMP** pour le « mills-run » simulé.



## Conclusion

- Les technologies de classement MSR se basant sur des principes mécaniques ont une meilleure corrélation entre le MOE mesuré lors du classement et le véritable MOE de la pièce; aussi le MOE minimum est normalement mesuré
- La teneur en humidité du bois impacte le MOE
- Une cible de 15% en teneur en humidité est recommandée afin d'obtenir un meilleur rendement MSR





# Merci!

Samuel Cuerrier Auclair, M.Sc., ing.  
Samuel.cuerrier-auclair@fpinnovations.ca  
418-805-5131



[web.fpinnovations.ca](http://web.fpinnovations.ca)