



# *En quelques mots . . . Jean-François Bocquet*

## *Parcours*

<i>DUT Génie Mécanique et Productique Annecy le Vieux</i>	<i>1987- 1989</i>
<i>Ingénieur <b>CUST Génie Civil</b> (Polytech Clermont Ferrand)</i>	<i>1994 - 1998</i>
<i>Doctorant Université Blaise Pascal <b>LERMES Génie Civil</b></i>	<i>1994 - 1998</i>

## *Expérience professionnelle*

<i>Chauffeur <b>mécanicien agricole</b></i>	<i>2 année cumulées</i>
<i>Maître de Conférences <b>IUT NANCY BRABOIS Génie Civil</b></i>	<i>1998 - 2001</i>
<i>Maître de Conférences <b>ENSTIB LERMAB Génie Civil Bois</b></i>	<i>2001 - 2017</i>



GDR 3544  
Sciences du bois



*Journées Scientifiques GDR 2017, ESB, Nantes*

# *Le bois, un matériau mature pour notre temps ?*

Judi 23 Novembre 2017

*Jean-François BOCQUET Maître de Conférences*



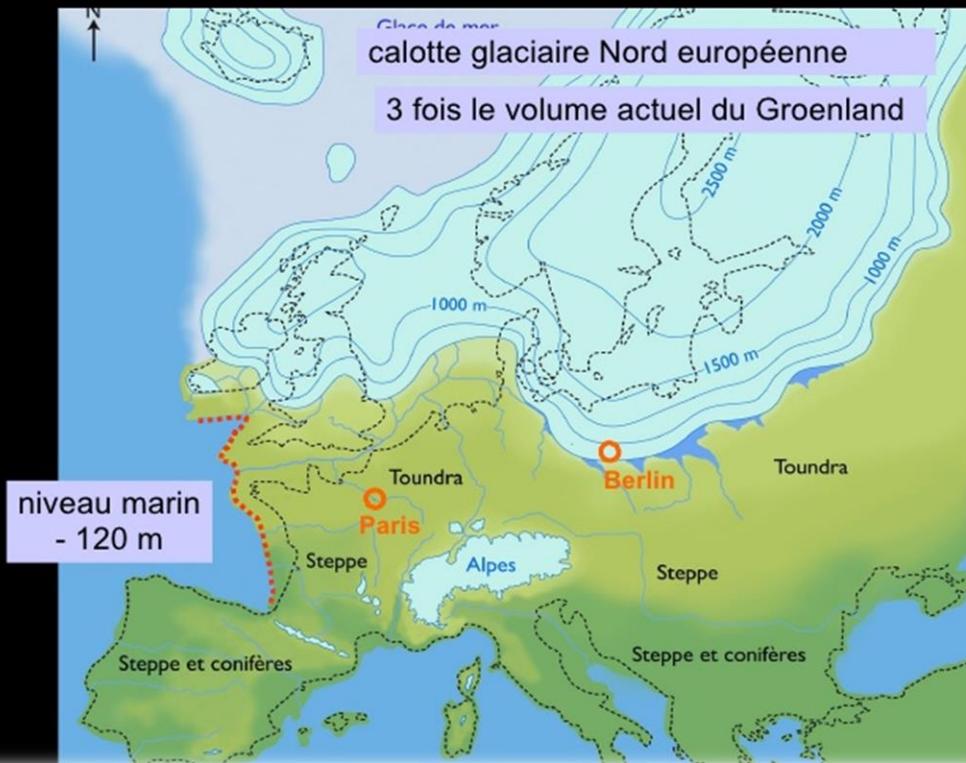


*En 10 000 ans la terre s'est réchauffée de 5 °C*

Jean-Marc JANCOVICI  
et Changement Climatique

*150 ans d'industrialisation  
charbon*

l'Europe au dernier maximum glaciaire - 21 000 ans



**+ 1°C**



*Limitation à +1°C à 2°C pour 2100*



*limiter notre consommation au  
1/6 énergie consommée par  
nos parents*

**NE PLUS RIEN FAIRE ??**

*limiter les émissions de CO<sub>2</sub>*

*Stocker le CO<sub>2</sub>*



***CONSTRUIRE** des ouvrages  
économiques et **DURABLES** en  
**BOIS** à la vitesse de  
croissance de la **FORÊT***

*1/6 énergie*



**PRODUIRE POUR CO<sub>2</sub>SOMMER !**



*Construire en limitant la production de CO<sup>2</sup>*

**PRODUIRE LOCAL ET UTILISER LA RESSOURCE LOCALE !**

*Construire OUI mais plus sur les terres agricoles*

**78 000 HA DE SURFACE AGRICOLE DISPARAISSENT, TOUS LES ANS, EN FRANCE**

=  
1 POTAGER DE 25 M<sup>2</sup>  
TOUTES LES SECONDES



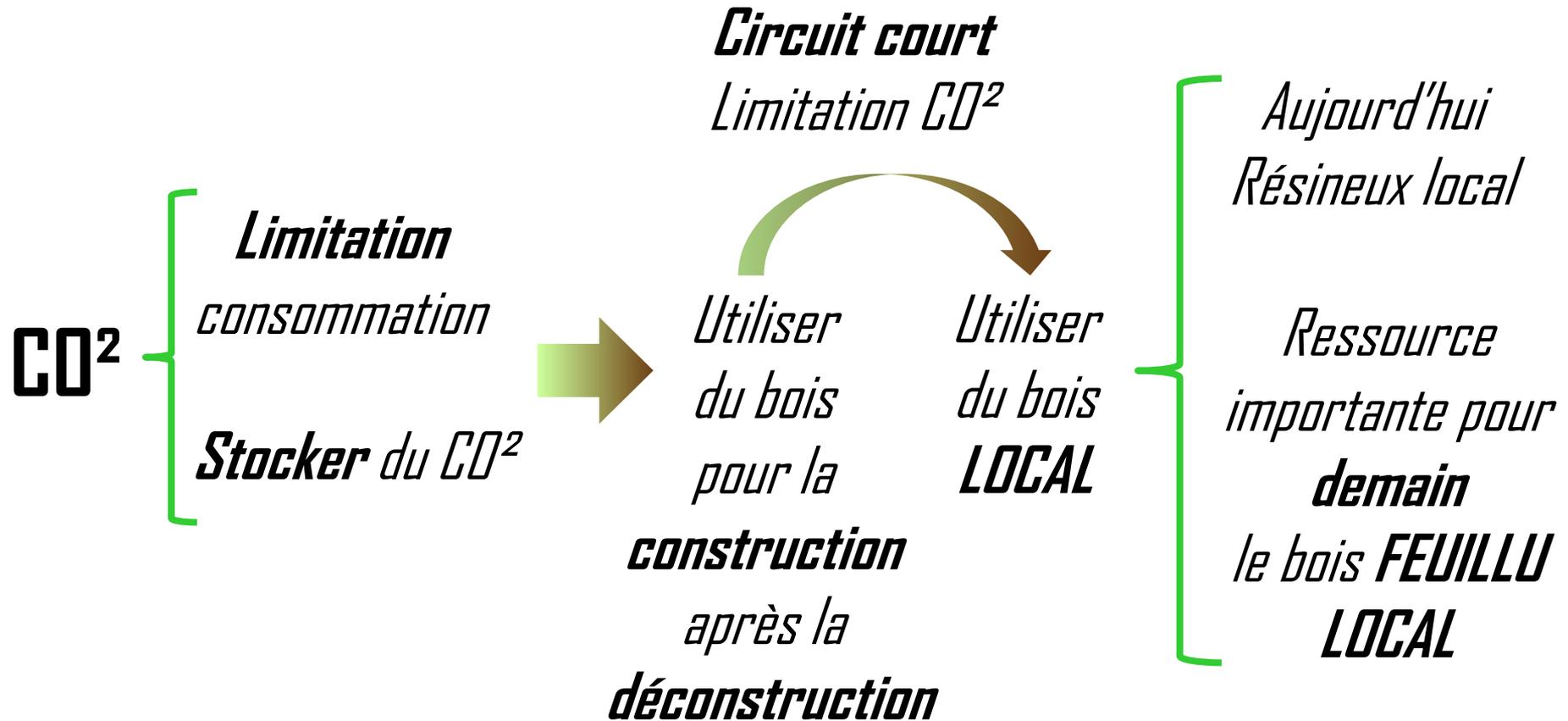
=  
1 STADE DE FOOT  
TOUTES LES 5 MINUTES



=  
1 DEPARTEMENT  
TOUS LES 7 ANS

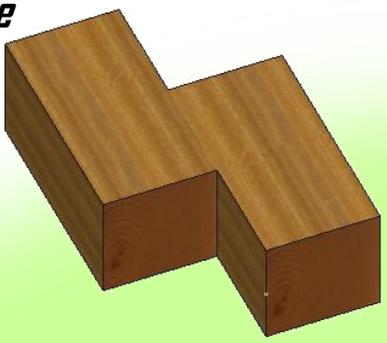


**POUR CONSTRUIRE IL NOUS FAUT DECONSTRUIRE**



**DEVENIR des CO<sup>2</sup>SOMMATEURS de BOIS LOCAL !**

*Privilégier le confort de l'habitat*



*Eco construction et fin de vie*



*Mise en œuvre et logistique*



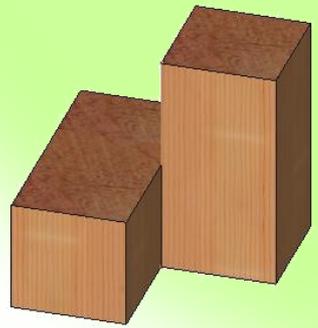
*Pour la durabilité*

# ***CONSTRUIRE EN BOIS***

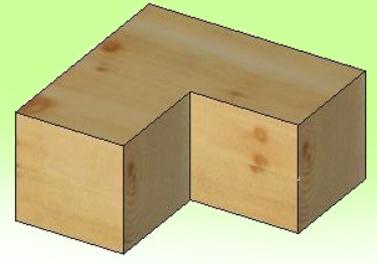
**DEMONSTRATEURS + ECONOMIE**



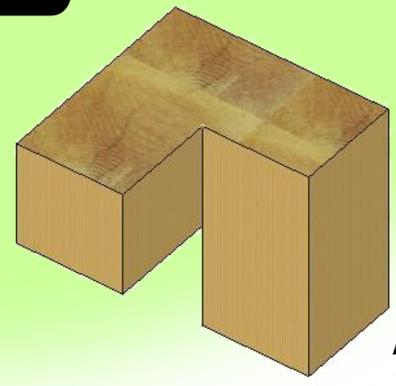
*Optimisation des dimensionnements*



*Transformation et valorisation*



*Mobilisation et entretien de la ressource*



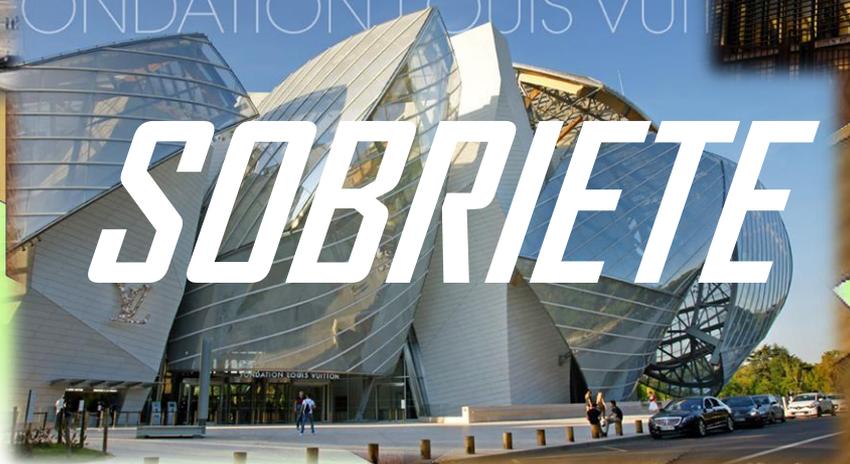


*MATURITE*



ONDATION LOUIS VUITTON

*SOBRIETE*



## ***SOBRIETE***

***= > Augmenter la fiabilité . .***

***=> Economie***

***1 - Assemblages : raideur et fiabiliser la résistance***

***2 - Ressource locale : bois feuillus***

***3 - Automatisation de la construction et accroître la souplesse de production***

***4 - Mixité des matériaux et éco-construire : bio-sourcé et re-sourcé***

**Treet (Bergen)**

Norvège - 14 niveaux -  
PP/CLT/Ossature - 2015

# 1 - ASSEMBLAGES : RAIDEUR ET RESISTANCE ...

05



## LE BESOIN !!

CPS 1005

CPS 0000



sé''

Scale 1 337,4  
Axial Force, Fx: 2,00E+6  
250000, N  
0,0 N  
-250000, N  
-500000, N  
-750000, N  
-1,000E+6 N  
-1,250E+6 N  
-1,500E+6 N  
Case: A62 ELS WNL

- Ouvrier
- Rigidité limités
- Déform

Pas besoin de Kser

Test pour Kser

besoin d outils numeriques

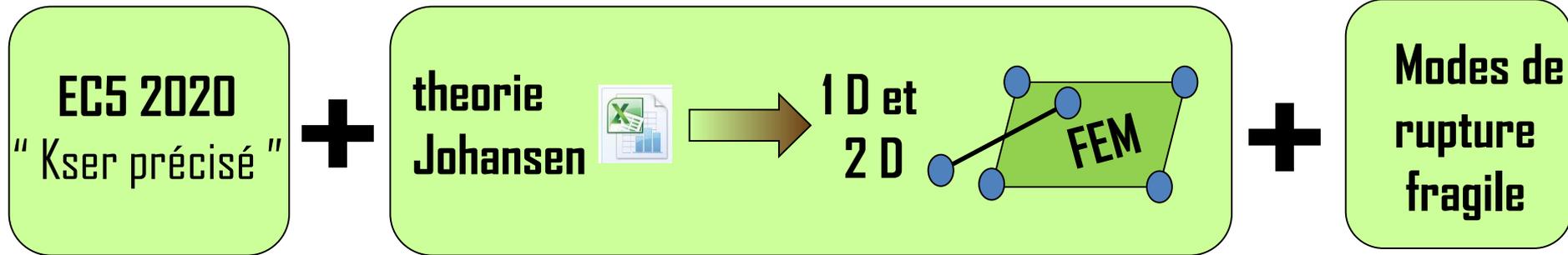
# 1 - ASSEMBLAGES : RAIDEUR ET RESISTANCE ...

THESE + ACTION COST 1402 !

06



*-Travail de thèse financé à 60% par le LERMAB + 40 % CODIFAB*

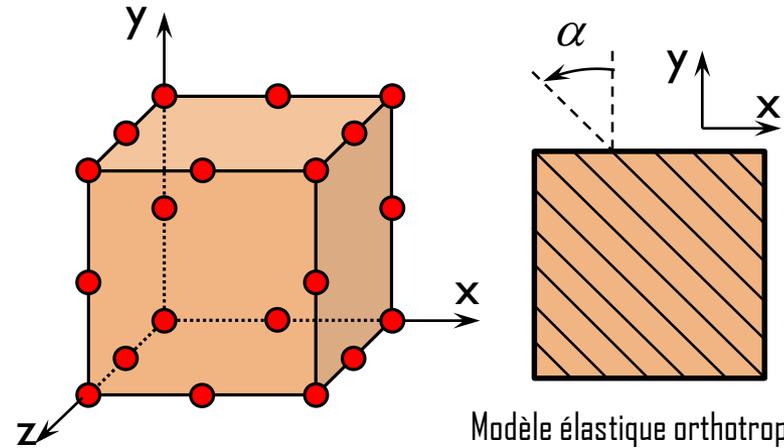
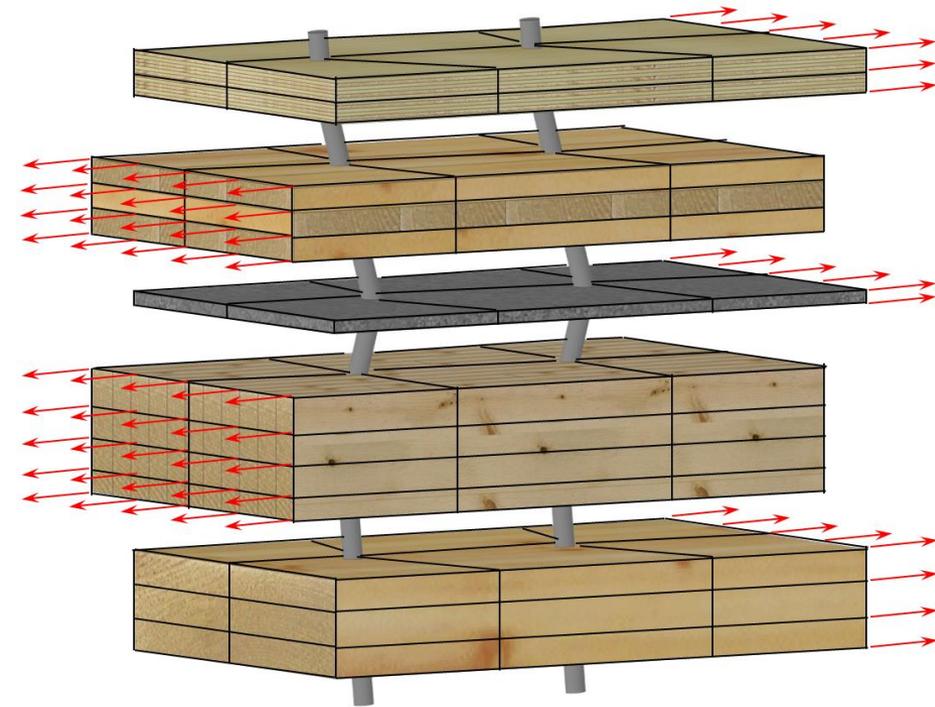


Travail de thèse de Romain LEMAÎTRE 2016 / 2019

# 1 - ASSEMBLAGES : RAIDEUR ET RESISTANCE ...

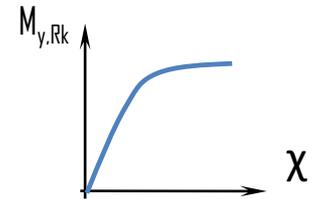
# MODELISATION !

07

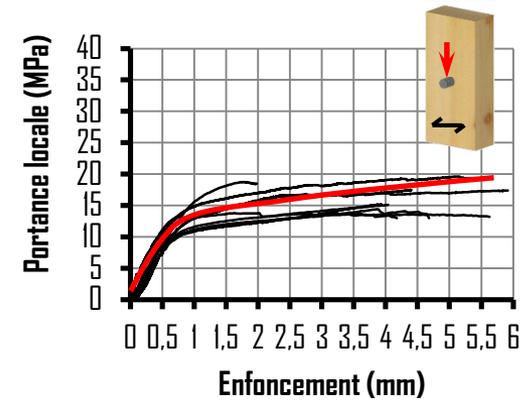
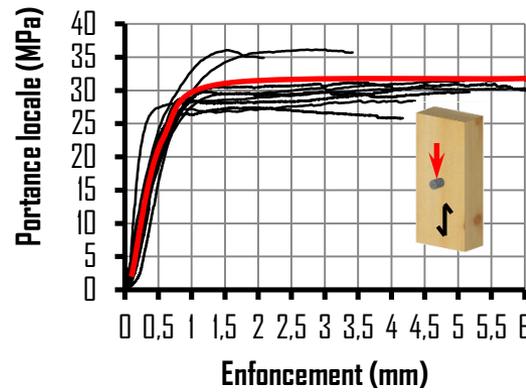
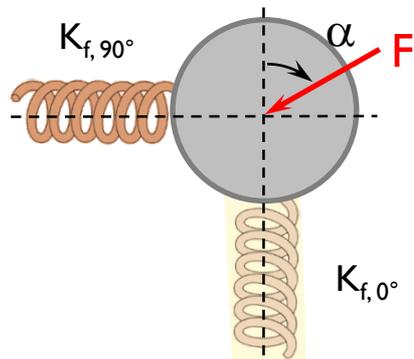


Éléments des organes

Modèle élastique orthotrope



Modéliser le contact organe sur bois : poutre sur fondation non linéaire





*-Constitution d'un **groupe de travail** au sein du COST 1402 (2014 – 2018)  
COST Action FP1402 "Basis of Structural Timber Design" - from research to  
standards **Philipp DIETSCH** T.U.M*

*Professeur Laurent BLERON*



*Maître de conférences Jean-François BOCQUET*



*Doctorant Romain LEMAITRE*



*Professeur Hans BLASS*



*Professeur associée Carmen SANDHAAS*



*Professeur associé Thomas K BADER*



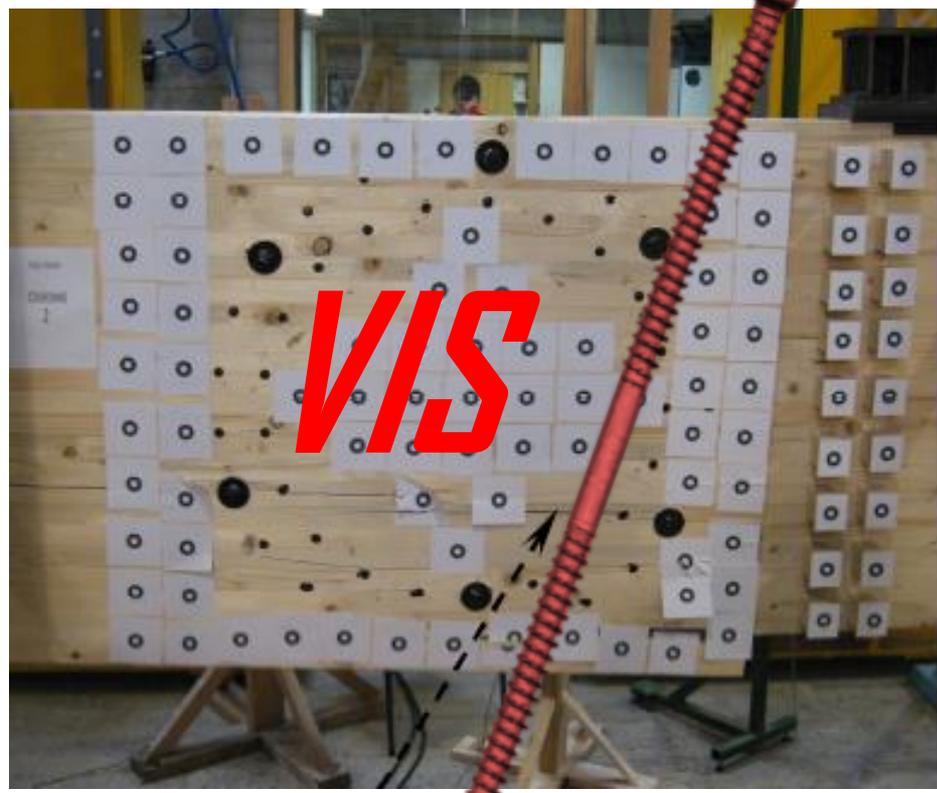
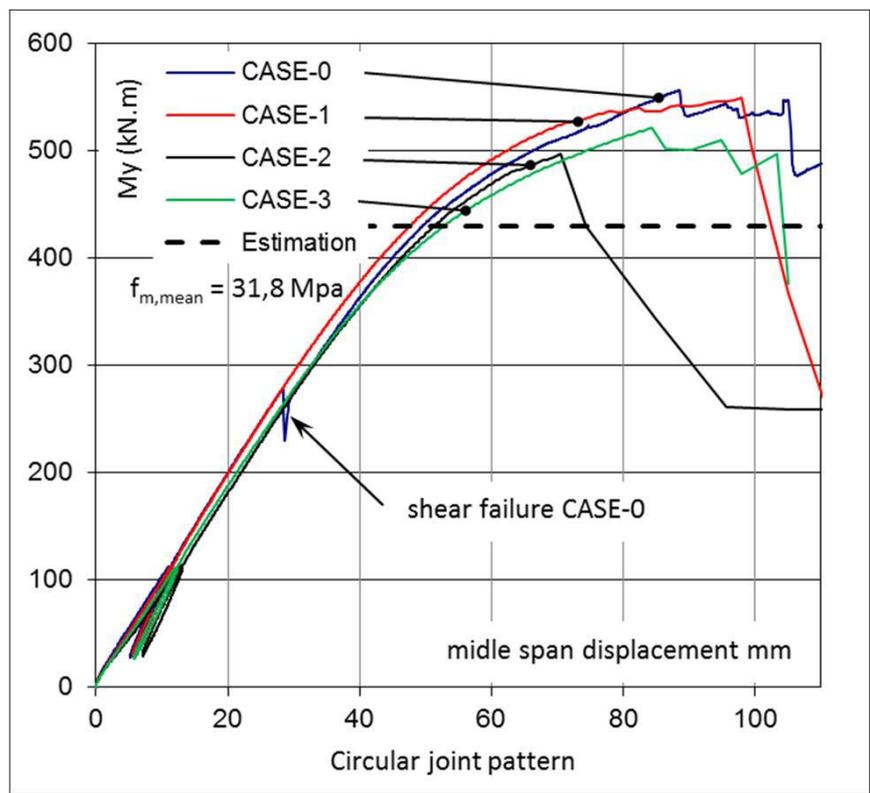
*Doctorant Michael SCHWEIGLER*



# 1 - ASSEMBLAGES : RAIDEUR ET RESISTANCE ...

## FIABILISER LA RESISTANCE !

09



*Niveau bas de résistance  
grande variabilité*

*Interaction Traction transversale  
Cisaillement*

**Bloquer  $\sigma_{t,90}$  Garantir  $\tau$  et Figer modes de rupture**

# 2 - RESSOURCE LOCALE FEUILLU ...

## POURQUOI CE N'EST PAS DÉJÀ FAIT !!

10



*Chêne, Châtaignier  
Peuplier*



*Hêtre ?*



*Séchage plus long*

**Garantir ses propriétés mécaniques**

*Bois plus lourds*

*Plus difficile à assembler*

*Rendement*

*matière plus faible*

*Classe A, B, C, **D***

**MARCHE : COÛT / EXIGENCES ACTUELLES**

?



*Lame de section*

*45 X 130 mm unique et garantie*





Valorisation des bois de qualité secondaire : Grumes C et D Etude APCEF Laurent BLERON 2011

## Qualité secondaire

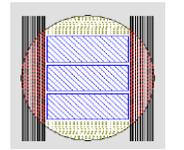


60%

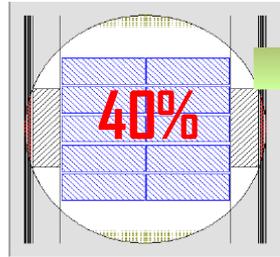
+ AUTRE TRANSFORMATION

Sans purge

Débit en lames



200 mm



400 mm

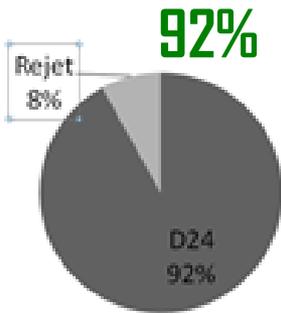
45 x 135 mm



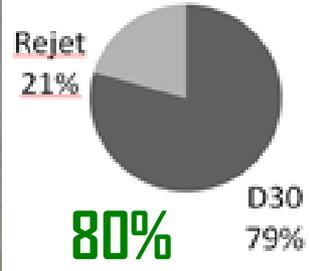
NON ! CO2



D24



D30



# 2 - RESSOURCE LOCALE FEUILLU ...

## TOUT ou RIEN ... FINALEMENT TOUT !!

12



*L'idée : Essayer le bois tout simplement par un test « tout ou rien »*



*6,5 m³ de*

*Abouter (*

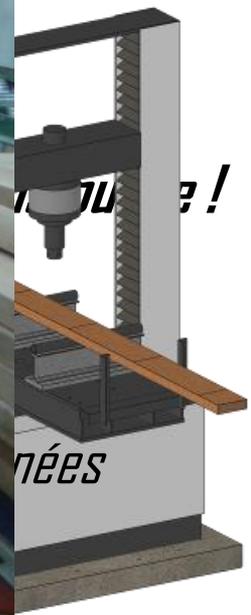
*295 planches*

*38 planches*

*Test flexion*



5/2016



*... ou ... !*

*... NÉES*

D43-F2

D84-



*L'idée : Eprouver le bois tout simplement par un test « **tout ou rien** »*

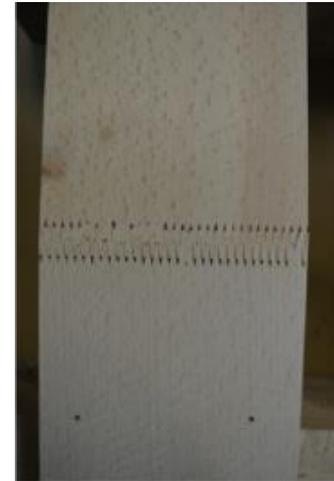


*295 planches testées en vibration :  
Module d'élasticité moyen : **13 000 Mpa**  
(10 000 Mpa à 20 000 Mpa)*

- Grume **C = D40**
- Grume **D = « D45 »**

*30 aboutages testés  
en flexion*

*$f_{m,k} = 49 \text{ Mpa}$*

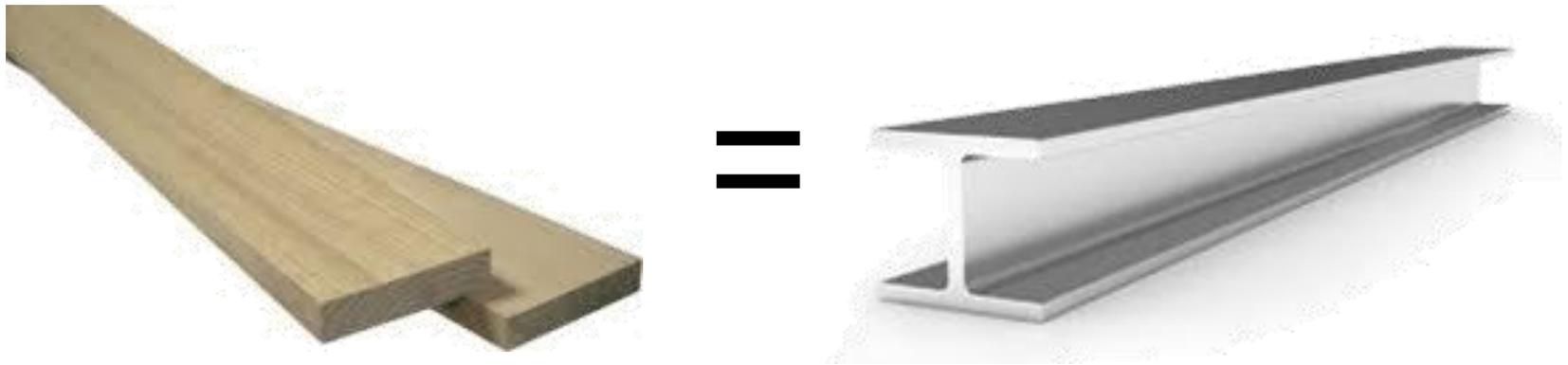


*Mise au point d'un processus*  **lemab**

*Expérimentation en grandeur réelle sur la construction  
d'un ouvrage*



*Transformer du bois de **classe D** en **lames** de bois aboutées de classe mécanique **garantie** par du test tout ou rien*



*$\gamma_M = 1$  Au lieu de  $\gamma_M = 1,3$  Identiquement à l'acier*

*Tests effectués sur du **chêne**, du **hêtre** mais toutes les essences sont utilisables :  
**châtaignier, frêne, aulne ...***

**ANR EFFEURS Thibault BENISTAND 2016/2019**

# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION

## ... AVEC DES LAMES ON FAIT QUOI ?

15



*Ossature bois ??  
Praticité d'assemblage*



*Collage, retrait, poids*



*Eco conception !!*



*Soudage  
bois*



**ASSEMBLAGE ?**



### *Cahier des charges assemblage de lames en bois dur*

- *Rigide, ductile*
- *Peu cher*
- *Instantané*
- *Esthétique ou discret*
- *Eco conception*

Méthode Triz

« *Low Technology* »  
*Basse Technologie*  
*Eco - Construction*

*Tourner les inconvénients d'un bois dur à travailler ... En avantage !!!*

# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION

## ... ASSEMBLAGE !

17

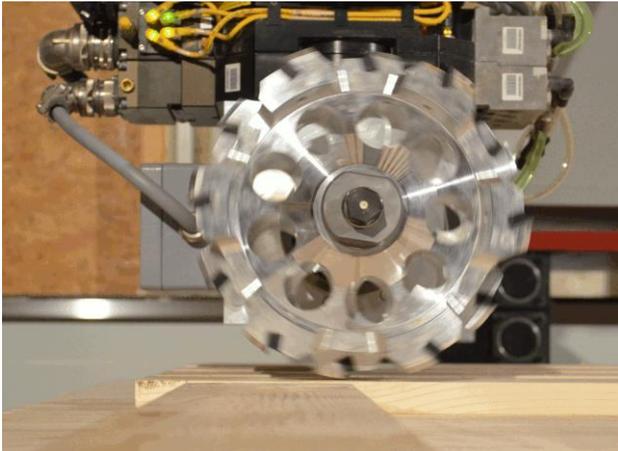


Stéphane GIRARDON 2010/2014

*Simple denture*



*Usinage*

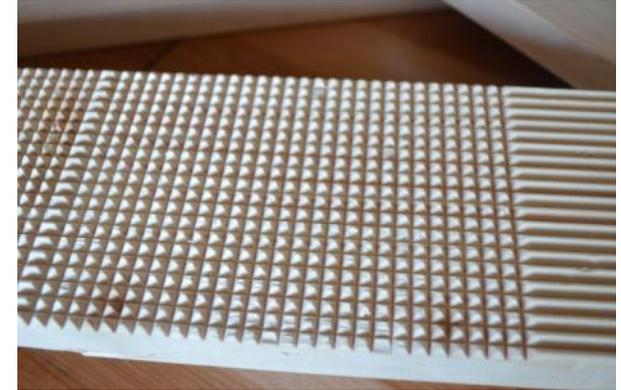


Stéphane GIRARDON & Jean-François BOCQUET 2013

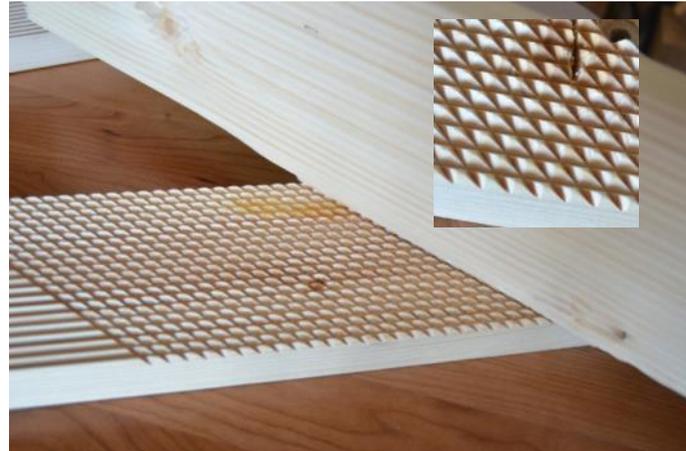
*Bois tendre ?*



*Picots*



*Croisement des planches à différents angles*



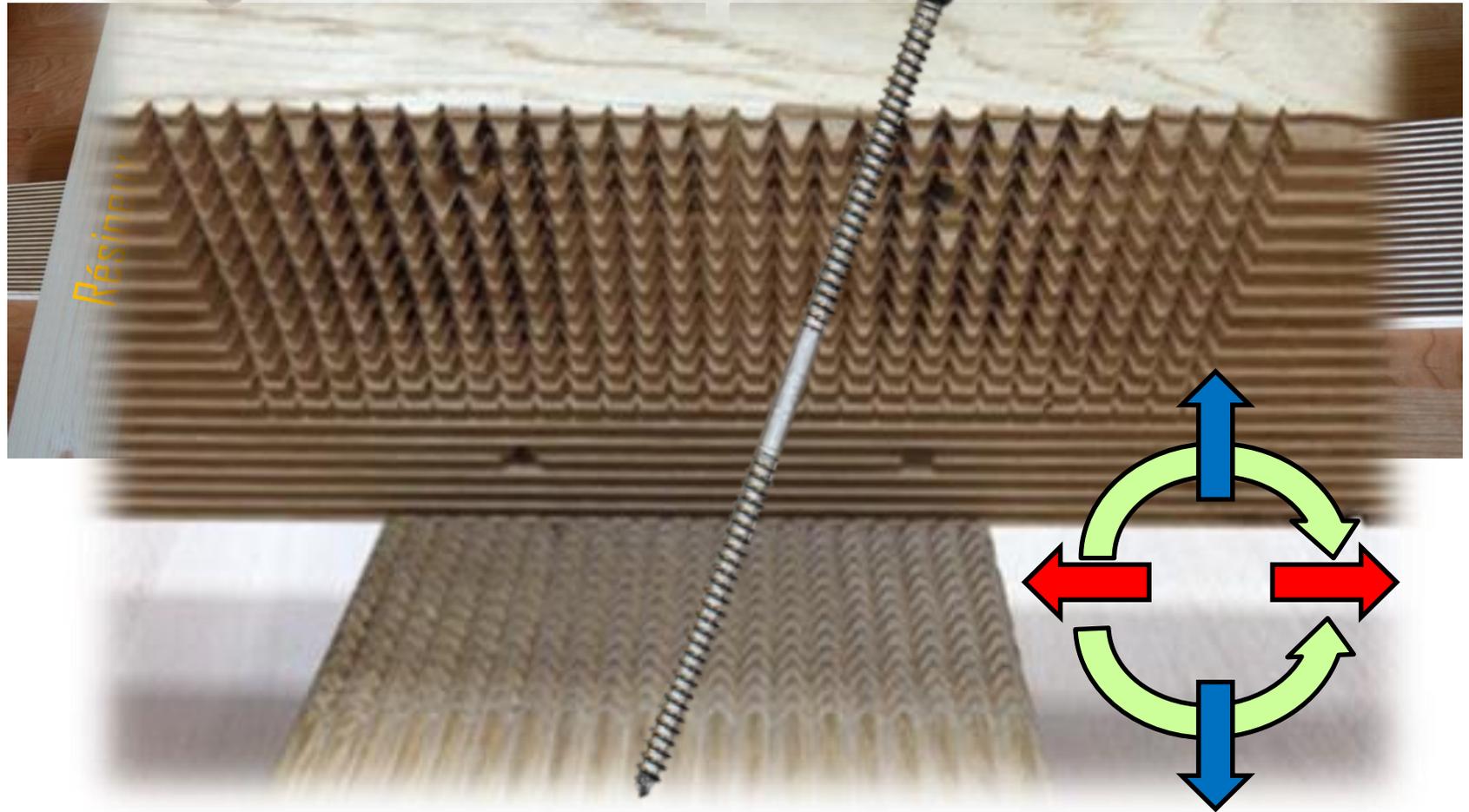
90°

Alpha

# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION

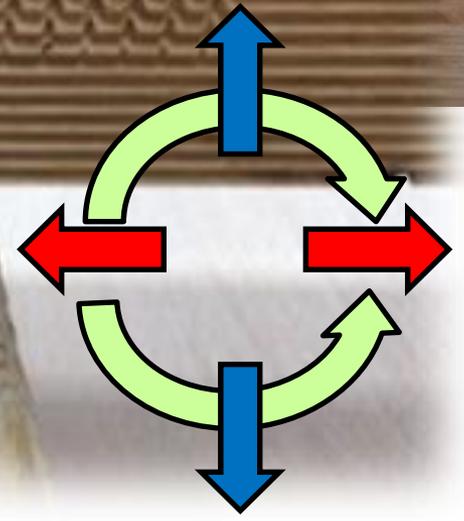
## ... ASSEMBLAGE PICOTS !

18



*Principe  
Deux  
Planches*

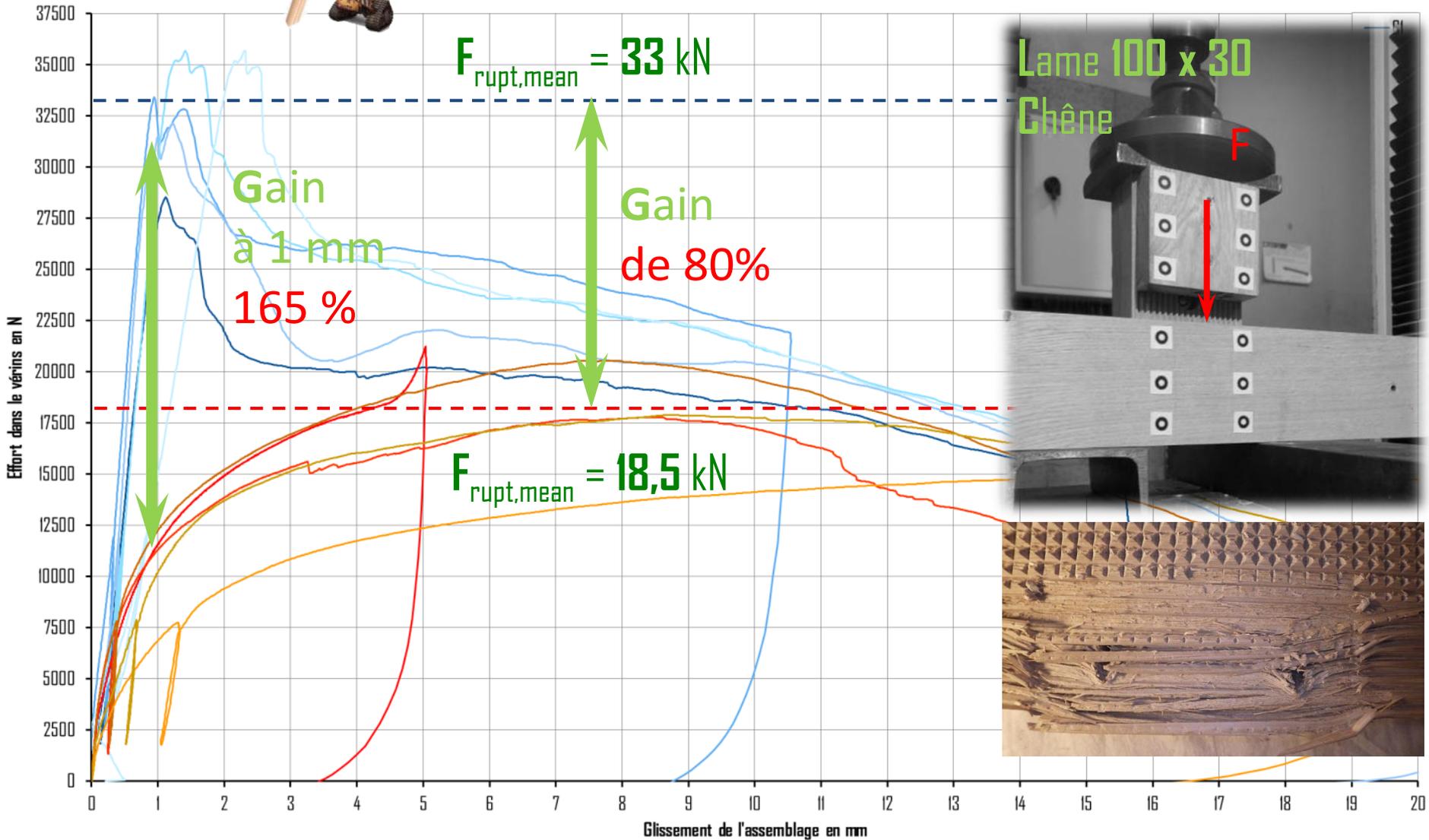
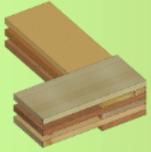
*Principe  
Une  
Planche*



# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION

... EFFICACITE ?

19



Lame 100 x 30  
Chêne



# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION ...

# ... DE PAROIS DE BOIS FEUILLU !!

20



*Romain LEMAITRE 2015/2016*

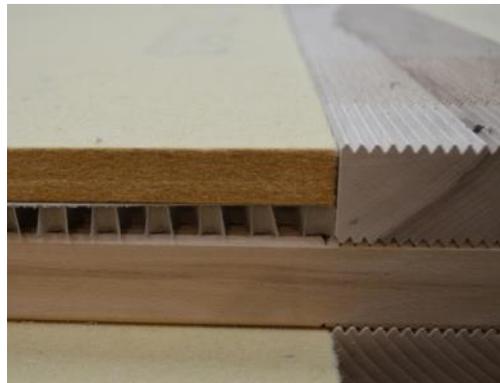


*Murs en Hêtre et Chêne  
2,5 x 2,5 m*

*Croisement des lames*



*Insertion d'isolant ou*



*Lame d'air*

*Romain MUNSCH Yannick BERNE 2013/2014*



*Paroi finie*

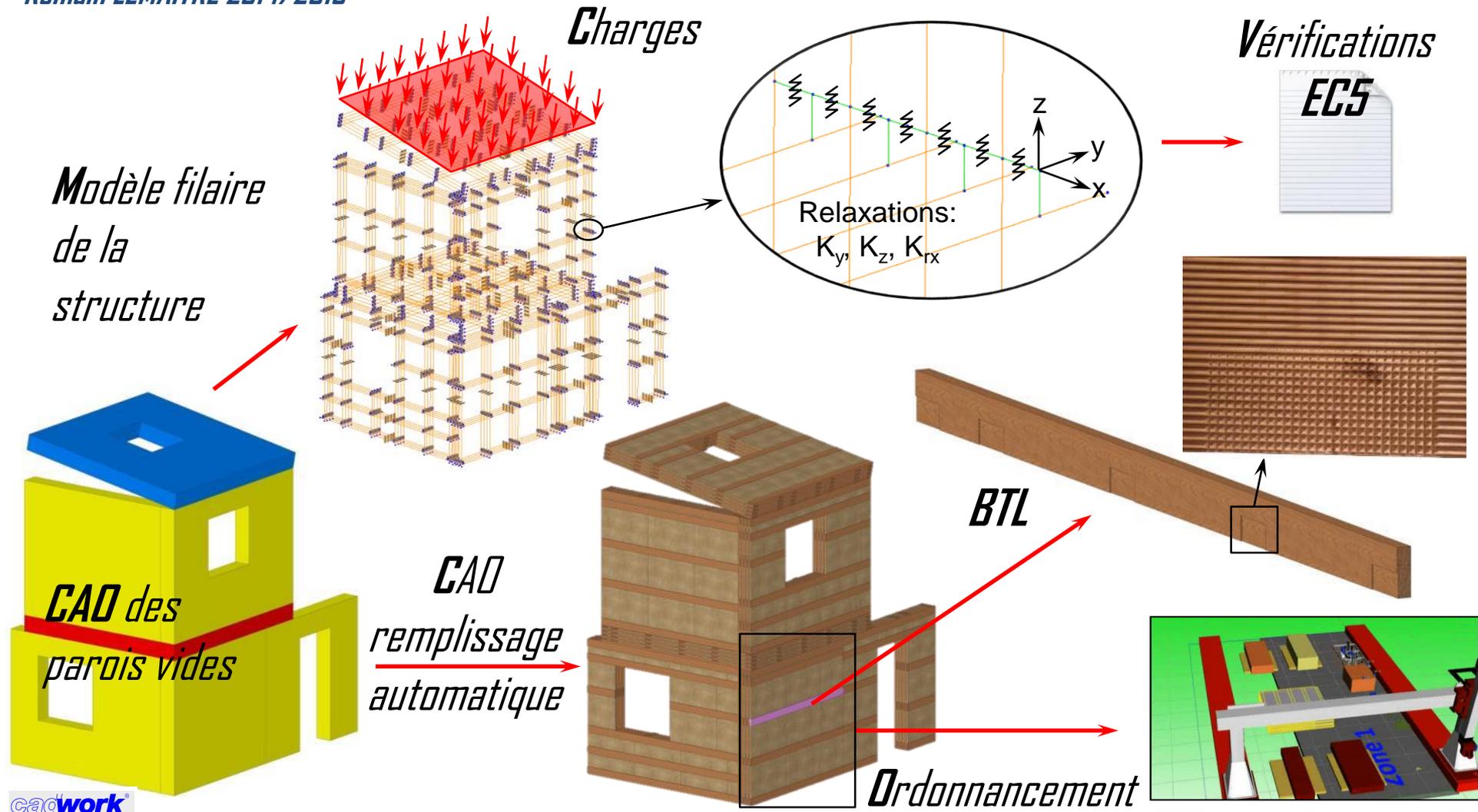
# 3 - AUTOMATISATION DE LA CONSTRUCTION ...

# ... ET AUTOMATISATION !!

21



Romain LEMAITRE 2014/2015



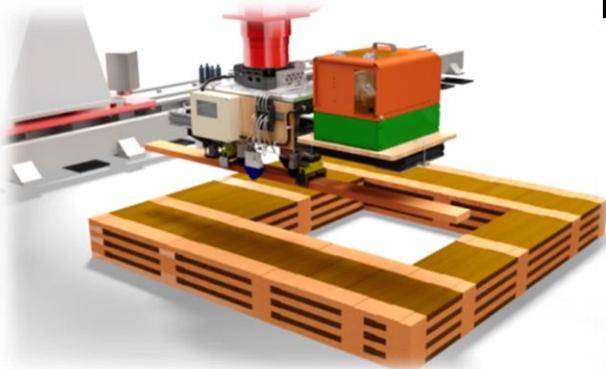


Johan D'HOUTAUD Quentin LENOIR 2015/2016

*Préhenseur pour paroi*



*Prototypage  
montage  
automatique*



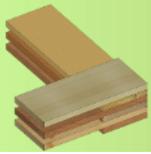
*Simulation du montage automatique sur le logiciel LOT 1*

**OBJECTIF**

***Imprimante 3D Bois Paroi 3 x 3 m 9 couches 20 minutes***

# 4 – MIXITE DES MATERIAUX ET ECO CONSTRUIRE

23



REVERSIBILITE !

**STRUCTURE CAPABLE** : Flexibilité spatiale et réversibilité d'usage  
Procédé constructif à plancher bois innervé grande portée



16 projets  
5 retenus



Marc  
Barani  
BRAZZA  
E4  
Bordeaux

ALAB  
ARTEFACTORYLAB

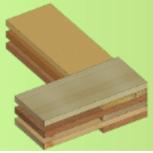


SNI  
SUD-OUEST

# 4 - MIXITE DES MATERIAUX ET ECO CONSTRUIRE

## INVERSION DES PRATIQUES !

24



Résistance au feu

Plaque constituant le plancher  
(2 panneau de CTBH  
d'épaisseur 22mm) avec une  
feuille acoustique



Profilé métallique permettant  
la liaison entre la dalle béton  
et les poutres treillis



atoire



saillement



1 m<sup>3</sup> de bois en  
moins !

Réseaux électrique et  
gaines de ventilation

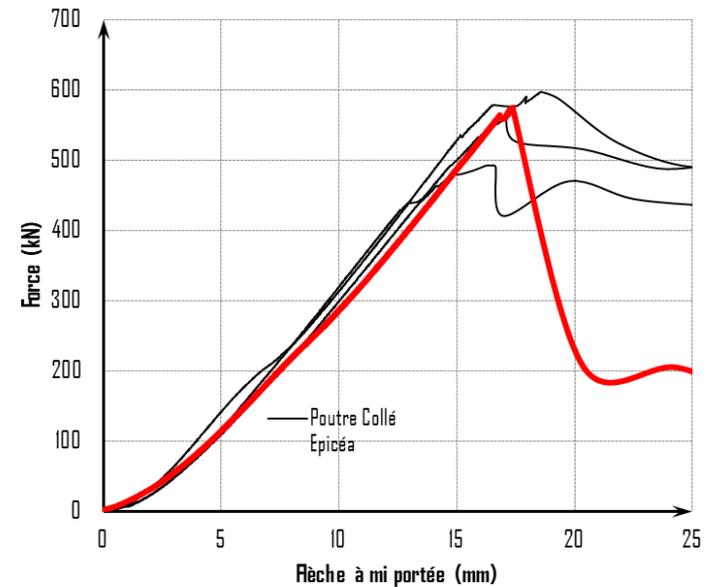
Dalle béton armée d'épaisseur  
80mm



# 4 - MIXITE DES MATERIAUX ET ECO CONSTRUIRE

## BIO SOURCE et RE SOURCE !!

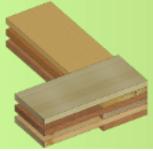
26



# 4 – MIXITE DES MATERIAUX ET ECO CONSTRUIRE

## BIO SOURCE et RE SOURCE !!

25



25 % de matière en moins

Bois local

Colle limitée aux aboutages

Performance au moins égale

Résistance garantie

Bio-sourcé

+

Re-sourcé



# CONCLUSION

*Bois matériau de notre temps et de notre futur,  
il faut simplement tout faire pour qu'il le reste en :  
l'utilisant, en l'associant intelligemment et sobrement .*