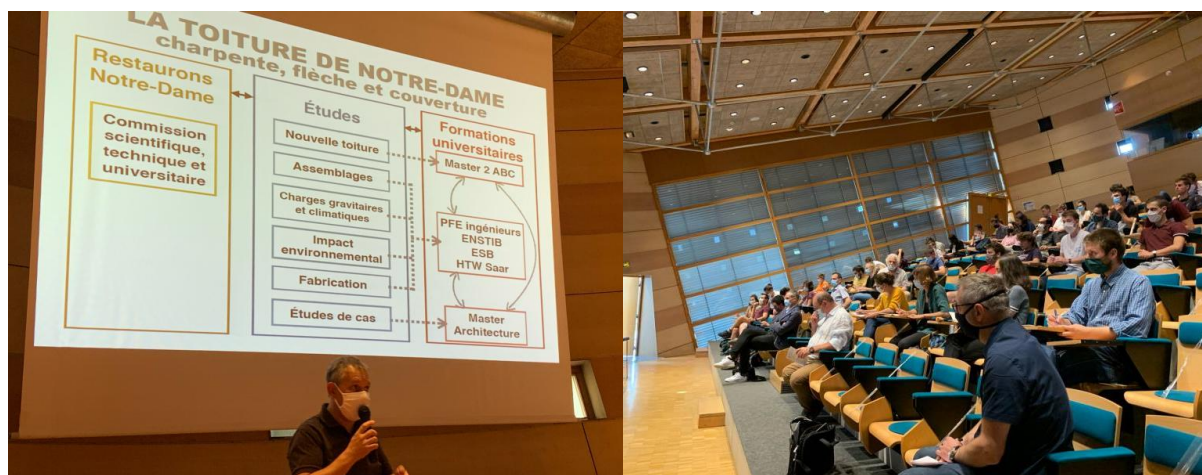


UN PROGRAMME AMBITIEUX POUR LA RESTAURATION DE LA TOITURE DE NOTRE-DAME DE PARIS CHARPENTE – FLÈCHE – COUVERTURE

PASCAL JACOB



Lancement du programme - Conférence inaugurale dans l'amphithéâtre de l'ENSTIB à Épinal, le 17 septembre 2020.

LES ACTEURS DU PROGRAMME

Restaurons Notre-Dame (rND) a lancé un programme de restauration de la toiture de Notre-Dame de Paris. Il s'agit de lui restituer sa charpente, sa flèche et sa couverture.

Restaurons Notre-Dame (rND) est une association culturelle d'intérêt général. Elle bénéficie d'un prestigieux comité de soutien à ses trois grands domaines d'action. En effet, se sont engagés à ses côtés d'illustres membres d'honneur : Madame Florence Delay, écrivain de l'Académie française (Culture), Monsieur Stéphane Bern (Patrimoine) et Monsieur Yann Arthus-Bertrand (Écologie).

- Bien que rND fut créée à l'origine par des professionnels de la filière bois, ses 110 membres actuels sont issus de très nombreux secteurs. On y trouve des conservateurs, des architectes, des experts du patrimoine, des scientifiques, des universitaires, des chercheurs, des forestiers, des entrepreneurs, des Compagnons, des experts en charpentes, structures bois et toiture, etc.
- rND compte également, parmi ses membres, des associations, des institutions représentant la filière forêt-bois, des écoles, des Grandes Écoles, des universités, des centres de recherches, et des sociétés issues du monde de la construction, de la restauration, de l'ingénierie, de la modélisation numérique 3D.
- La commission *Culture, Patrimoine historique mondial & Art de la Pierre et du Bois* de rND, présidée par Alain Hays, anime également un réseau international de plus de 250 professionnels issus de 35 pays, dont beaucoup sont affiliés à des institutions académiques ou internationales de grand prestige. (voir : [*Restaurons*](#)

Notre-Dame - Culture et Patrimoine mondial. Trois impératifs –Trois sujets –Trois piliers)

- Quant à la commission *Ressource Forestière*, présidée par Mme Geneviève Rey, elle s'intéresse de près aux dimensions écologiques et environnementales du bois, ainsi qu'au patrimoine disponible de chênes en amont de ce programme de charpente extraordinaire.
- Par ailleurs, rND est ouvert à toutes les personnes, physiques ou morales, désirant soutenir son action.

Pour mener à bien ce programme, rND s'est appuyé d'une part sur des acteurs universitaires nationaux et internationaux (11 enseignants), un groupe de 30 étudiants dans le cadre du Master II Génie Civil « Architecture Bois Construction » et de 21 étudiants dans le cadre de leur Projet de fin d'études d'ingénieurs (PFE) dûment encadré.

Le programme bénéficie également des conseils du Comité d'experts de rND composé d'une vingtaine de professionnels du patrimoine, des charpentes et des toitures (forestiers, charpentiers de métier, Compagnons, ingénieurs, industriels du bois, ingénieurs, architectes, etc.)

LES GRANDES ÉCOLES

- École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy – **ENSAN** (à Nancy)
- École Nationale Supérieure des Technologies et des Industries du Bois (d'Épinal) - **ENSTIB**
- École Supérieure du Bois de Nantes - **ESB** (à Nantes) :
- École Supérieure de Sarrebruck (Allemagne) - **HTW SAAR**
- Centre de recherche en architecture et ingénierie - **MAP-CRAI**
- Laboratoire d'histoire de l'architecture contemporaine - **LHAC**

Le programme est piloté par **Franck Besançon**, Président de la commission de *Coopération technique, scientifique et universitaire de Restaurons Notre-Dame* (rND). M. Besançon est également Maître de conférences et directeur de la chaire partenariale d'enseignement et de recherche "*Architecture et construction bois : du patrimoine au numérique*", labellisée par le ministère de la Culture en 2016, rattachée à l'École nationale supérieure d'architecture de Nancy (ENSAN) et à ses laboratoires de recherche avec le MAP-CRAI (Centre de recherche en architecture et ingénierie) et au LHAC (Laboratoire d'histoire de l'architecture contemporaine). Ce programme se déroule en collaboration avec plusieurs Grandes Écoles, universités et laboratoire de recherches. Il est également sous la responsabilité de M. **Gilles Duchanois**, professeur-chercheur à l'ENSAN.

Dans un premiers temps, vont se mobiliser de jeune architectes et ingénieurs, étudiants en Master II Génie Civil « Architecture Bois Construction » de l'ENSAN et de l'École Nationale Supérieure des Technologies et des Industries du Bois d'Épinal (ENSTIB). (voir article : *Les Grandes Écoles se mobilisent pour La charpente et la flèche de Notre-Dame de Paris*)

LE COMITÉ D'EXPERTS

Le Comité d'experts de *Restaurons Notre-Dame* (rND) est composé de personnalités reconnues pour leurs compétences dans les domaines de l'histoire des patrimoines, des monuments historiques et de leur restauration, des études scientifiques et techniques, des métiers de la charpente, de la pierre et des toitures : artisans, Compagnons, responsables d'entreprises, architectes, ingénieurs, etc.

Le rôle de ce comité est d'accroître la fiabilité et la crédibilité des études entreprises. Ses membres s'efforcent d'enrichir, de préciser et de délimiter les sujets de recherche avant qu'ils soient engagés. Ils suivent également l'évolution des travaux et répondent aux questionnements qui peuvent leur être adressés. Ils apportent en toute indépendance, dans leurs domaines de compétence, un regard objectif sur les études engagées. (patrimoine, conception et modélisation, informatique, fabrication, chantier, économie, filières métiers ...). Des experts du numérique, de la 3D et du BiM (*Building Information Modeling*) complètent ce comité et interagissent transversalement sur l'ensemble des thèmes abordés.

MISE EN LUMIÈRE DES PROBLÉMATIQUES QUE SOULÈVE LA RESTAURATION DE LA CHARPENTE, FLÈCHE ET TOITURE DE NOTRE-DAME DE PARIS

Le programme d'études scientifiques et universitaires porté par *Restaurons Notre-Dame* (rND) se déroule en trois phases :

- ✓ La **phase 1** : Études, portant sur six scénarios de charpente, flèche et toiture, réalisées dans le cadre du Master II Génie Civil « Architecture Bois Construction »,
- ✓ La **phase 2** : Études de points techniques, climatiques et environnementaux spécifiques, réalisées dans le cadre de plusieurs projets de fin d'études d'ingénieurs (PFE),
- ✓ La **phase 3** : Synthèse générale établie par la Commission scientifique, technique et universitaire de *Restaurons Notre-Dame* (rND) en collaboration avec son Comité d'experts.

Ce sont les résultats de cette **phase 1** dont nous avons tenu à réserver la primauté, le 15 janvier 2021, au général Georgelin, président de l'Établissement public chargé de la conservation et de la restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris (maîtrise d'ouvrage) et à M. Philippe Villeneuve, Architecte en chef de la Cathédrale (maîtrise d'œuvre).

Et ce sont ces mêmes études que nous révélons à présent à la collectivité ; elles sont accessibles sur le [site web de Restaurons Notre-Dame \(rND\)](https://www.restauronsnotredame.org/master).

<https://www.restauronsnotredame.org/master>

Voir également l'article : *Les Grandes Écoles se mobilisent pour la charpente et la flèche de Notre-Dame de Paris* (par Alain Hays)

Ces importants travaux restent bien sûr à ce niveau des avant-projets, mais leur intérêt est de mettre en évidence l'étendue des contraintes et des problématiques qui vont obligatoirement se présenter lors de la conception d'une telle structure, à savoir en sept points :

- I. L'évaluation précise de l'état de la sous-structure en pierre (murs gouttereaux, corbeaux, piliers, voûtes).
- II. L'analyse des comportements structurels sur le long terme, en particulier face aux changements climatiques qui peuvent s'avérer désastreux.
- III. L'action effective du vent sur la toiture de la cathédrale.
- IV. Le questionnement sur une reproduction strictement à l'identique de la flèche, charpente et toiture et sur celui de modifications appropriées (adaptations) qui s'avéreraient indispensables.
- V. La problématique des connexions appropriées entre les structures en bois de la charpente et de la flèche et celles en pierre (murs gouttereaux, corbeaux, etc.) sérieusement affectées par l'incendie.
- VI. La durabilité proprement dite : comment réussir à réaliser une charpente capable de défier le temps comme la « forêt » de Notre-Dame l'avait fait pendant huit cents ans voire plus ?
- VII. Le choix du type de couverture de toiture qui tienne en compte tant du patrimoine architectural et de ses contraintes, des impératifs structurels et de sécurité, de la durabilité, de l'entretien, etc.

MISE EN PERSPECTIVE : TROIS THÈMES D'ÉTUDES

Ce programme scientifique, technique et universitaire se poursuivra en 2021, sur trois thèmes principaux :

- **Thème 1 : LES ASSEMBLAGES.** Si la charpente de Notre-Dame a su résister à huit siècles, pour reconstruire celle-ci, il est aujourd'hui nécessaire de caractériser les assemblages de la charpente d'origine. Ensuite, il faudra mener une étude comparative avec d'autres types d'assemblage permettant d'envisager leur évolution en les adaptant et en bénéficiant de nos moyens contemporains d'usage.
- **Thème 2 : LES SOLLICITATIONS.** Il s'agira d'élaborer un module calculatoire permettant de faire varier toutes les sollicitations gravitaires et climatiques sur la charpente (en les extrapolant sur plusieurs siècles) en imaginant des scénarios climatiques probables (précipitations, vents, ensoleillement, ...) et des scénarios géotechniques liés au terrain et ses éventuels aléas sismiques. La quantification de ces éléments permettra de préciser les effets de charges sur les charpentes.
 - L'un des objectifs sera de vérifier la température et l'hygrométrie dans le comble et d'en maîtriser les effets dans le temps afin d'éviter des dégradations ou des situations thermiques indésirables. Pour cela, la compréhension du fonctionnement de la couverture et de son impact sur le comble et la charpente est fondamentale

pour envisager des solutions cohérentes qui puissent minimiser l'entretien et les réparations dans le temps.

- **Thème 3 : CYCLES DE VIE.** Aujourd'hui, l'analyse de cycles de vie (ACV) dans la construction permet de mesurer l'impact environnemental de tout ou partie d'un édifice en quantifiant son impact sur l'effet de serre, la consommation de ressources, la consommation d'énergie primaire, les déchets générés, la consommation et pollution de l'eau, l'acidification des sols... autant de critères pour lutter contre le réchauffement climatique. Il s'agit de réaliser l'ACV de l'ancienne charpente disparue et de la comparer à celle d'une nouvelle charpente en chêne. L'étude détaillera en particulier l'impact environnemental de la couverture, à l'origine en plomb avec ses nombreux détails ornemanistes. En d'autres termes, quelle nouvelle couverture est envisageable pour la toiture de Notre-Dame et quel sera son impact environnemental étalé dans le temps ?

Pascal JACOB

Président-fondateur de
Restaurons Notre-Dame - rND



RESTAURONS NOTRE-DAME - rND

Association française, reconnue d'intérêt général à caractère
culturel, pour la restauration de la charpente bois de la
cathédrale Notre-Dame de Paris

5, Rue Perrée 75003 PARIS

www.restauronsnotredame.org