



**Daniel Therriault**  
Canada research chair – Fabrication of advanced materials [2009–2019]



**Frédéric Sirois**  
Laboratoire de supraconductivité et magnétisme (LSM)



**Maxime Lapalme**  
Engineer in the Innovation group at Bell Textron Canada



**Alexandra Desautels**  
Technical Staff Specialist in the Materials and Processes team at Bell Textron Canada

# Protection des matériaux composites contre la foudre

Jean Langot

January 25, 2022



# Les matériaux composites

Matériaux composites: Un matériau composite est un **assemblage** d'au moins deux composants non **miscibles** dont les propriétés se complètent.



Fibres

+



Résine

=



Matériaux composites

Les matériaux composites ont de très hautes **propriétés spécifiques** (propriété mécaniques / poids), **personnalisables** selon l'utilisation

Properties	Metal alloys			Composites		
	Steel 35 NCD 16	Aluminum AU 4 SG	Titanium TA 6V	Carbon/epoxy	Glass/epoxy	Bore/aluminum
Density $\rho$ ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7.9	2.8	4.45	1.5	2	2.7
Young Modulus $E$ (GPa)	200	72	110	130	53	230
Mass Young Modulus $E/(\rho g)$ (km)	2500	2600	2500	8700	2650	8500
Tensile strength $\sigma_m$ (MPa)	1850	500	1000	1000-1300	1800-2000	1250-1800
Mass tensile strength $\sigma_m/(\rho g)$ (km)	24	18	23	65-85	90-100	45-65

Table 1.1 Comparison of composite materials and metal alloys in terms of mechanical properties and weight. Table adapted from [8].

## Matériaux utilisés en aéronautique:

- 1910 - 1930: bois et toile
- 1930 - 1970: aluminium
- 1970 +: matériaux composites

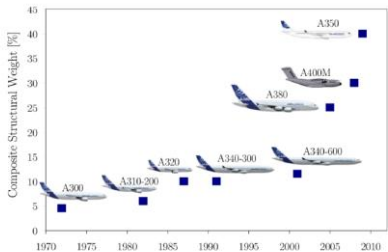


Figure 1.1 Composite structural weight over the last decades in Airbus planes [9].

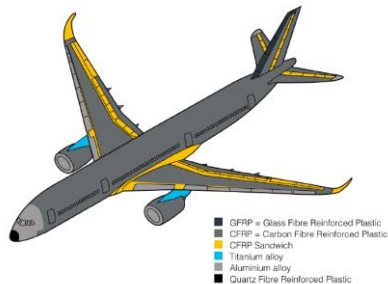


Figure 1.2 Materials composing an Airbus A350 [10].

# Interactions entre un avion et la foudre

Les avions sont frappés par la foudre **une fois par an** en moyenne, ce qui peut endommager l'appareil et déclencher des incendies



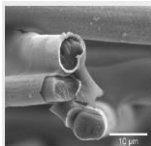
Les matériaux composites brûlent très bien ...

Pour améliorer la résistance à la foudre des matériaux composites, il faut augmenter leur **conductivité électrique**

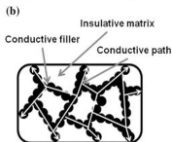
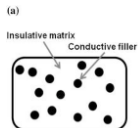
Solution 1 :  
maillage de **cuivre**



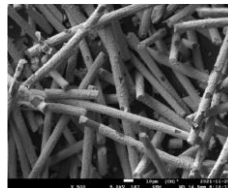
Solution 2 :  
fibres de carbone  
recouvertes de nickel



Solution 3 :  
additifs **conducteurs**  
dans la matrice

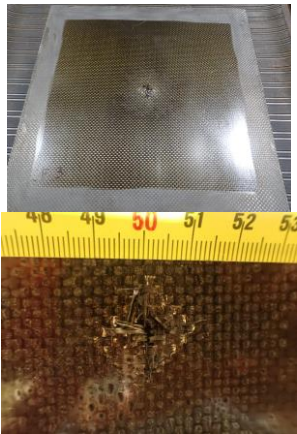


Solution 4 :  
peinture mélangée  
à de l'**argent**



Les différentes solutions sont exposées à un **test de foudre** en laboratoire (40 kA)

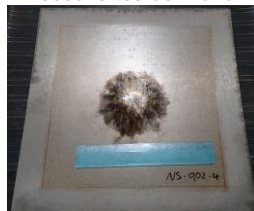
Aucune protection



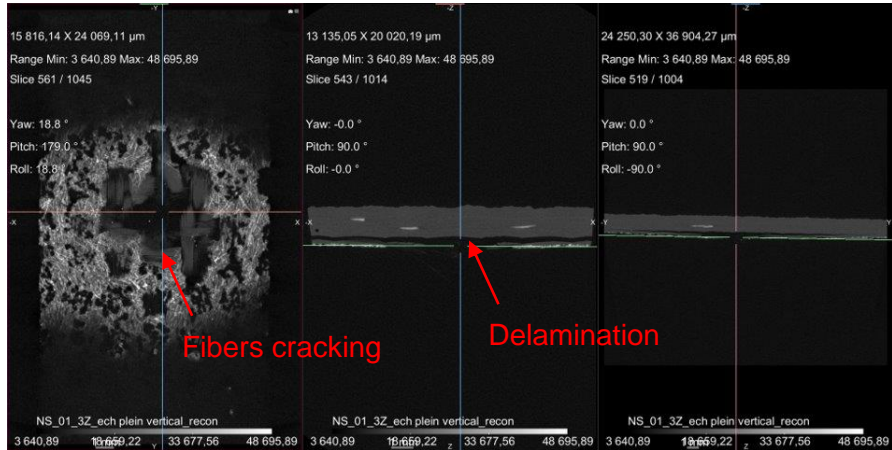
Solution 1 :  
maillage de **cuivre**



Solution 2 :  
Fibres de carbone  
recouvertes de **nickel**



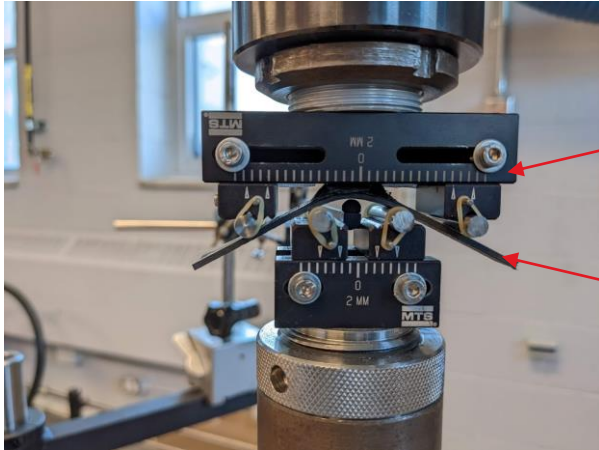
Les dommages sont observés à l'aide d'un CT-Scan





# Méthodes expérimentales

La résistance mécanique est mesurée à l'aide d'un test de flexion à 4 points



Tensile  
machine

Sample

## Polytechnique Montréal



**D. Theriault**



**F. Sirois**  
Professor, project academic



**K. Chizari**  
Research Associate (Part-time)

## Research team



**D. Brassard**  
(PDF – 1)



**A. Serbescu**  
(MSc – 1)



**J. Langot**  
(PDF – 2)



**E. Gourcerol**  
(MSc – 2)

## Bell Textron Canada



**M. Lapalme**  
Senior Technical Professional – Innovation Fatigue & Fracture



**A. Desautels**  
Senior Technical Expert, Non Metallic Structures



**D. Outhwaite**  
Expert – Certification, Avionics & Electrical Processes



**C. Ory**  
Technical Specialist, Innovation Project Engineer



**F. Landry**  
Senior Technical Professional – Innovation System Engineer



**M. Salameh**  
Senior Technical Expert, Chemical Materials and Processes

Funding

