

SOUTENANCE DU PROJET:

ÉTUDE DE L'EFFET D'ÉCHELLE SUR LES RÉSULTATS DES ESSAIS SUR MAQUETTE

Réalisé par:
Christian Nader

Encadrement:
Mr. Georges NAHAS

Introduction et Histoire de l'effet d'échelle

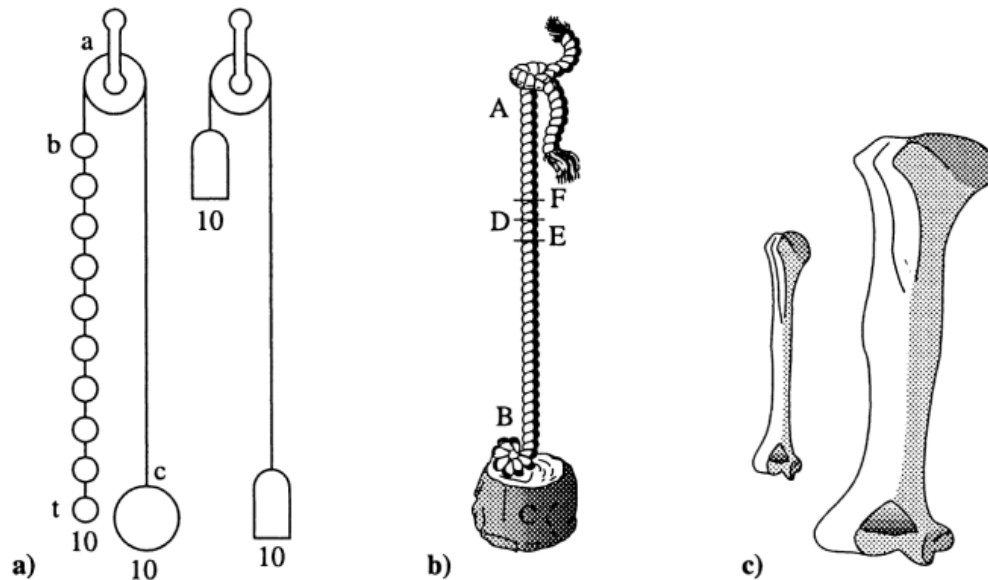
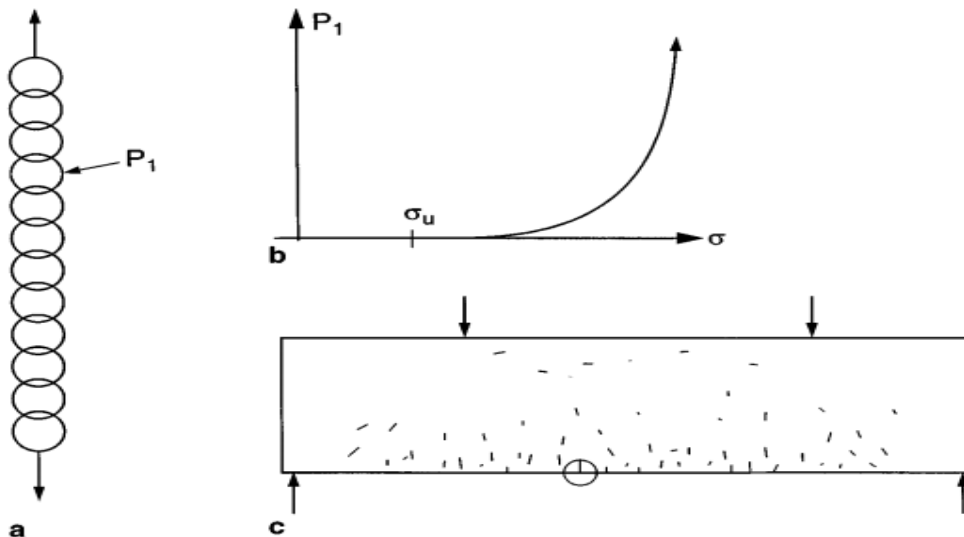


Figure 1.1: Figures illustrating the size effect discussions by (a) Leonardo da Vinci in the early 1500s, and (b, c) Galileo Galilei in 1638

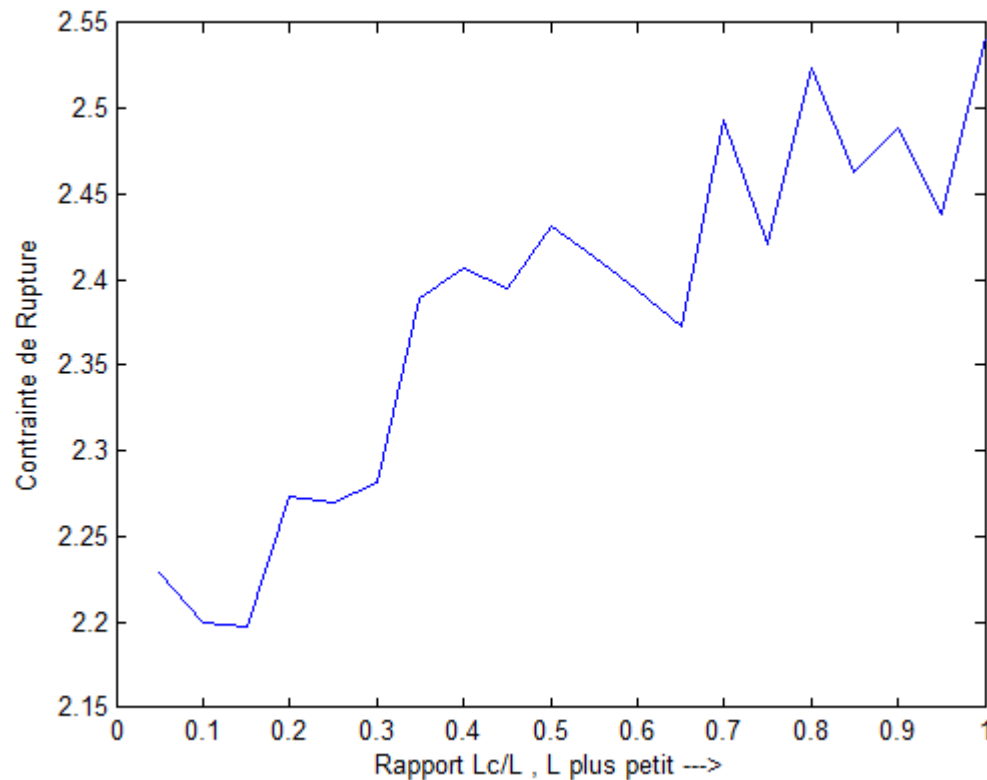


l'effet d'échelle c'est le changement de réponse lorsque les dimensions spatiales sont mises à une échelle plus grande ou plus petite alors que la géométrie et toutes les autres caractéristiques sont conservées, elle est un problème quintessentielle de toute théorie physique.

Weibull statistical size effect:

Théorie classique à base statistique qui suggère une généralisation tridimensionnel continue du modèle du maillon le plus faible qui est la cause de l'échec d'une chaîne de maillons de résistance aléatoire.

Preuve par simulation numérique



Etude de l'effet d'échelle sur une poutre en traction:

Voici les résultats obtenus sur MATLAB, d'une étude faite sur 20x20 échantillons tel que chaque 20 échantillons ont un rapport L_c/L fixe, et un critère de rupture local que j'ai fait varier d'une manière aléatoire corrélé en fonction de x à l'aide d'un générateur de réalisations de champs aléatoires. Puis on prend 20 valeurs de L_c/L entre $1/20$ et 1 . Notons que pour toute cette étude L_c est fixe et c'est L qui varie.

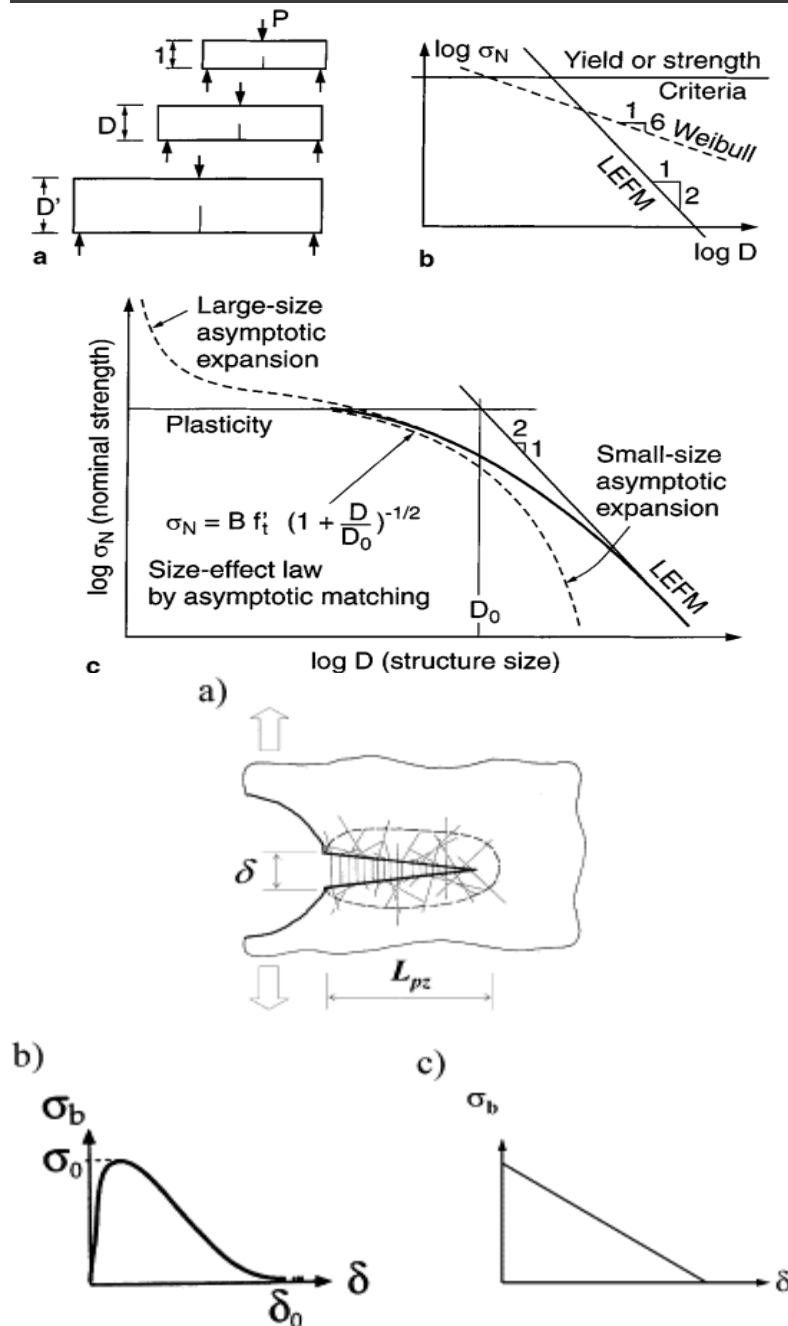
Figure : on a tracé le graphe de la moyenne de la rupture globale de chaque ensemble de poutres en fonction de L_c/L . (rupture globale = $\min(\text{rupture local}, x)$)

Conséquence : on remarque comment le graphe présente une allure croissante alors une valeur plus grande de limite de rupture pour des longueurs petites prouvant ainsi

LEFM

La mécanique linéaire élastique de la rupture (LEFM), dans laquelle tout le processus de rupture est supposé se produire en un point, la pointe de la fissure, est le meilleur modèle qui présente l'effet d'échelle, dans lequel la résistance nominale est inversement proportionnelle à la racine carrée de taille de la structure. Cependant, ceci n'est vrai que si les fissures sont grandes et géométriquement semblable, non microscopiques.

L'effet d'échelle énergétique (et non statistique), en raison de la libération d'énergie lorsqu'une grande fissure ou une 'fracture process zone' (FPZ) contenant un matériau endommagé se développe avant que la charge maximale est atteinte.



Maquette SMART

BUT: l'étude du comportement sismique des structures nécessite la réalisation d'essais.

Maquette: la maquette du projet SMART au CEA Saclay, une maquette d'un bâtiment à l'échelle $\frac{1}{4}$.



Hypothèses nécessaires:

- Même loi de comportement (prototype/maquette)
- Les amortissements réduits sont les mêmes pour le prototype et la maquette
- On peut ajouter des masses sur les planchers sans perturber notablement les raideurs locales de la maquette ni la répartition des masses

Type de similitude: similitude d'accélération (analyse dimensionnelle)

Soit λ , facteur d'échelle (égal à 4, dans le cas du programme SMART)

* Conservation des accélérations:

$$[\text{Longueur}] / [\text{Temps}]^2 = [L] / [T]^2 = \text{cst} \quad \leftrightarrow \quad \lambda \tau^{-2} = 1$$

* Conservation des contraintes (même lois matériaux):

$$[\text{Force}] / [\text{Longueur}]^2 = [M] [L] / [T]^2 / [L]^2 = \text{cst} \quad \leftrightarrow \quad \mu \lambda^{-1} \tau^{-2} = 1$$

Donc: $\mu = \lambda \tau^2 = \lambda^2$

Tableau 4: Coefficient de réduction associé à l'échelle de la maquette

	Coefficient
Longueur	4 ($= \lambda$)
Masse	16 ($= \lambda^2$)
Temps	2 ($= \lambda^{1/2}$)
Accélération	1
Contrainte	1
Fréquence	0,5 ($= 1/\lambda^{1/2}$)
Force	16 ($= 1 \cdot \lambda^2$)
Sections d'acier	16 ($= \lambda^2/1$)

Il est donc important de noter que les fréquences de la maquette seront 2 fois plus grandes que les fréquences de la structure en taille réelle.

Conséquences

Facteur d'échelle des masses:

La masse volumique du béton sur la maquette devrait être augmentée d'un facteur de 4

solution: disposition des masses additionnelles sur les planchers et voiles



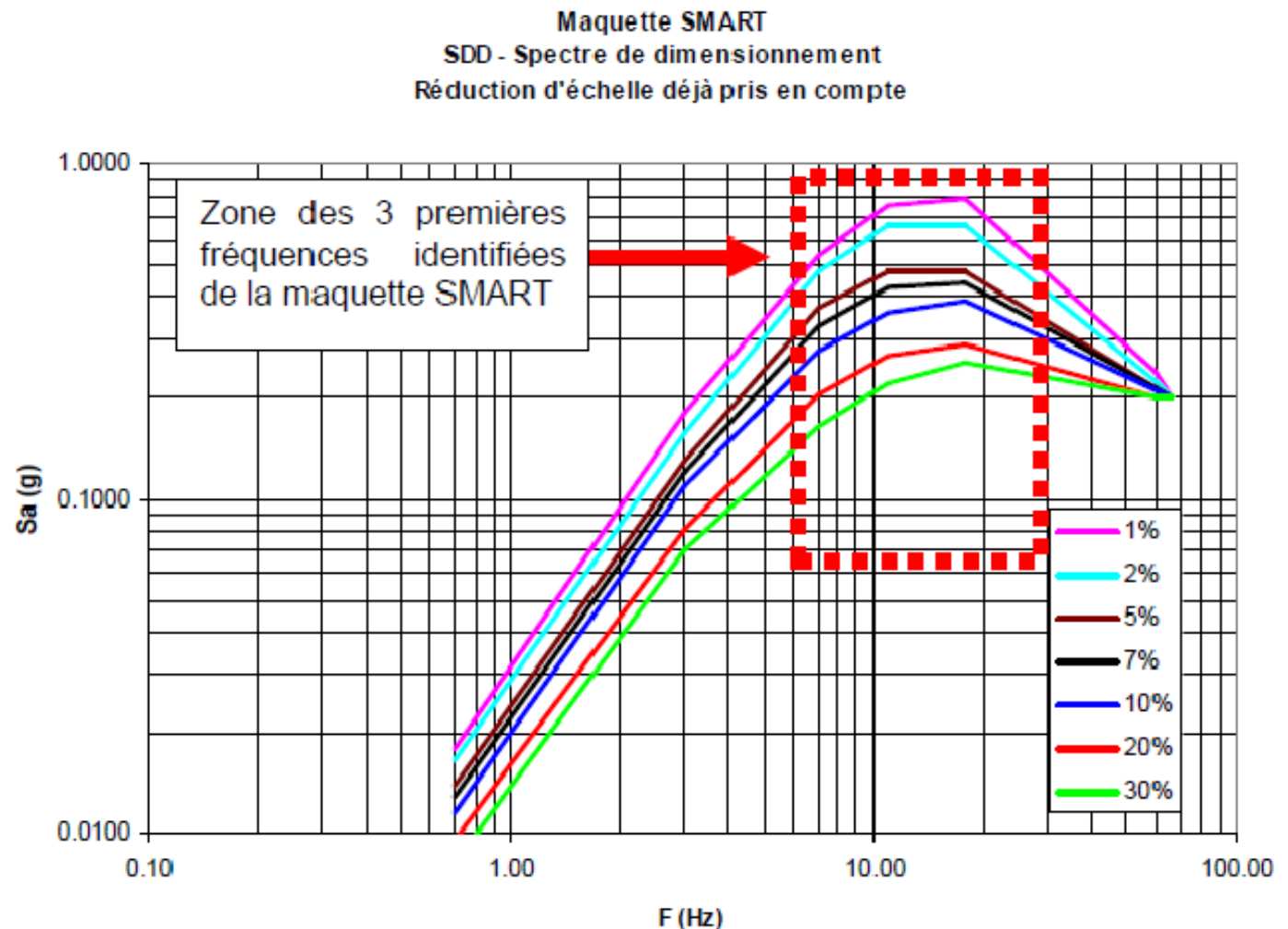
Conception de la maquette:

- La géométrie est conçue pour un facteur d'échelle λ
- Lois de comportement des matériaux identiques à ceux du phototype
- $Q = q + g(1 - 1/\lambda)$ avec g et q étant la masse propre et la masse d'exploitation appliquée sur la paroi du bâtiment réel, et Q la masse surfacique additionnelle à disposer sur la maquette
- Le spectre de dimensionnement de la maquette est obtenu à partir du spectre réel par décalage des fréquences d'un facteur de $\lambda^{1/2}$

Spectre de Dimensionnement (SDD)

*Le spectre pris en compte pour l'étude est donné ci-dessous. Il correspond au spectre réel décalé d'un facteur 2 en fréquence. C'est un spectre représentatif d'un SMS de magnitude 5.5 à une distance de 9 km. L'accélération du sol est de 0.2 g. L'accélération au pic est de 0.42 g pour un amortissement de 7%.

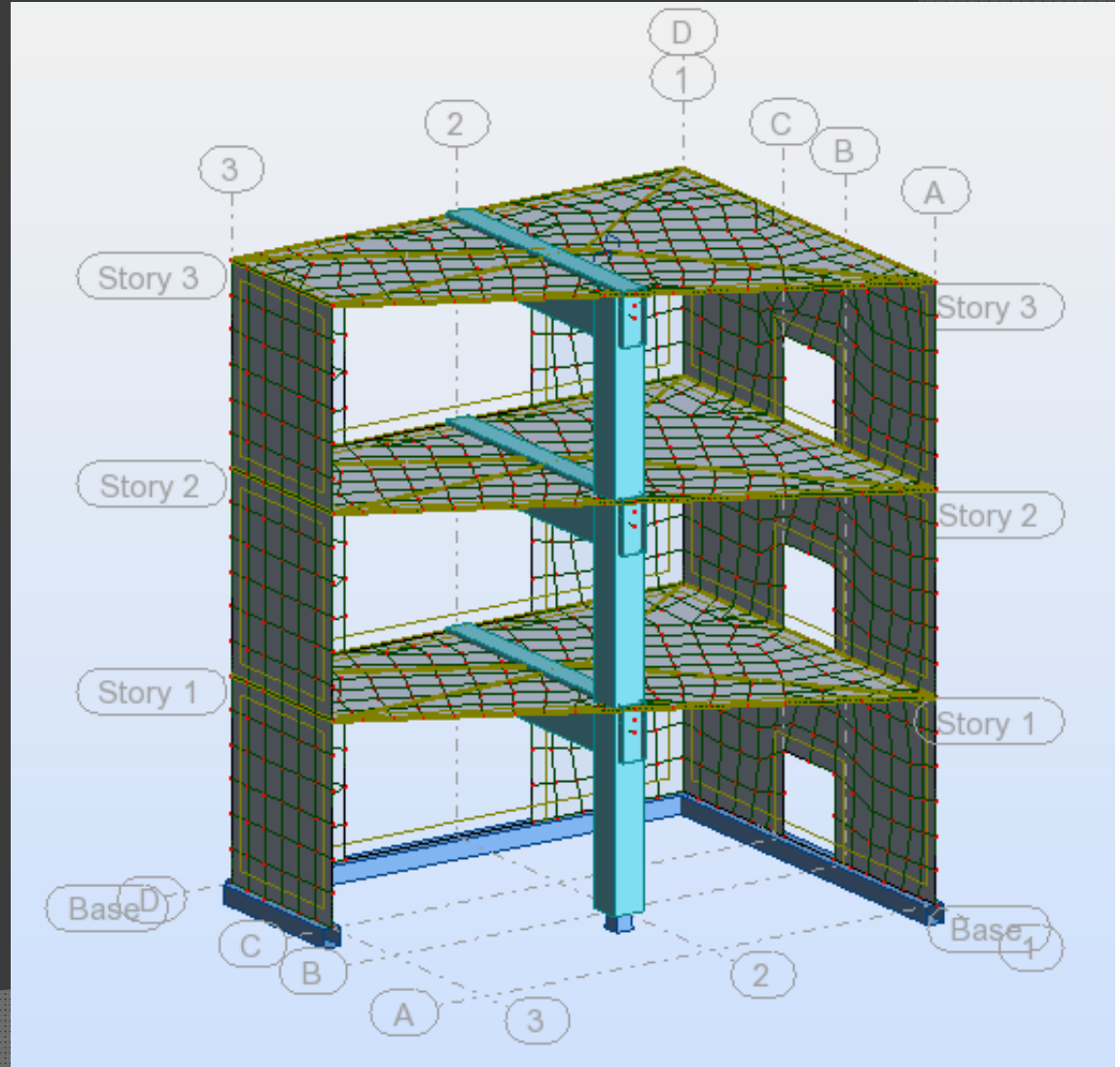
*Seules les actions dues à un séisme horizontal sont prises en compte (direction X et Y de séisme)



Modélisation sur ROBOT

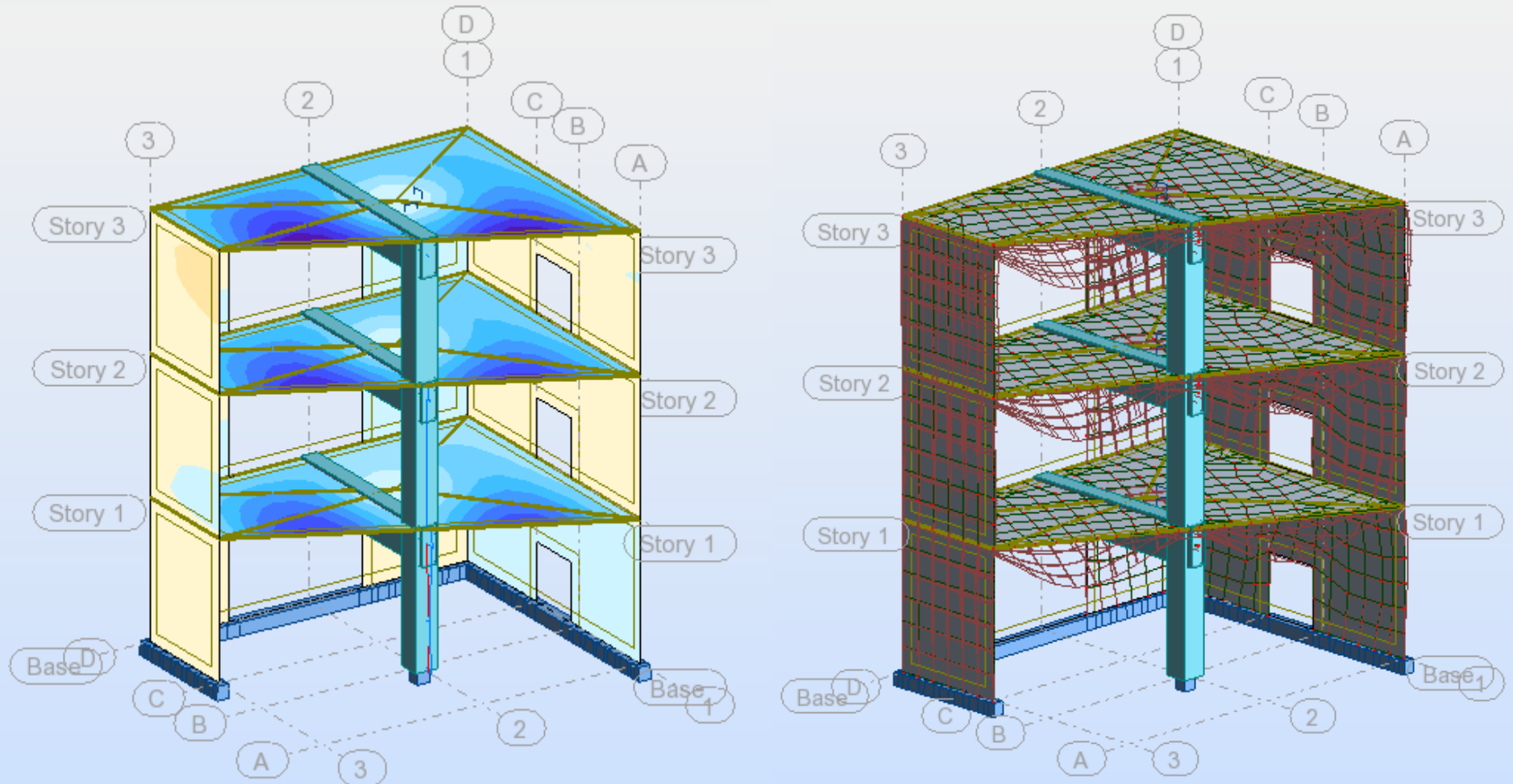
*Le but c'est de vérifier numériquement avec un modèle non-linéaire, si, en respectant tous les facteurs d'échelles et leurs conséquences, on obtiendrait des réponses sur maquette et prototypes qui sont homogènes aux hypothèses proposées.

*modèle de la maquette
SMART fait sur ROBOT et
mailler par un maillage
éléments finies.
-Poutres et poteau maillage
poutre.
-dalles et murs, maillage
coque.



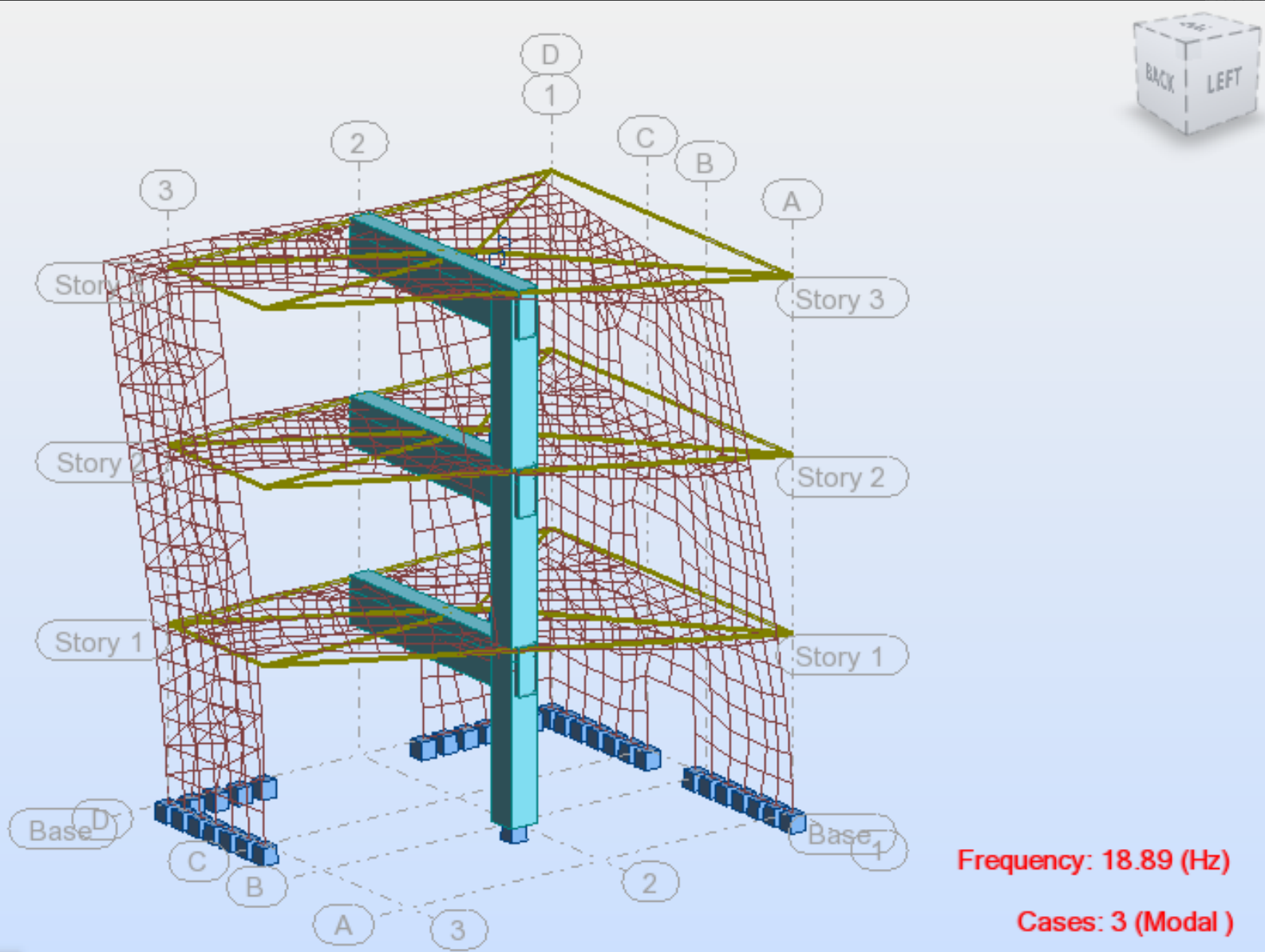
Modélisation sur ROBOT

*déformations sous l'effet des charges statiques seuls



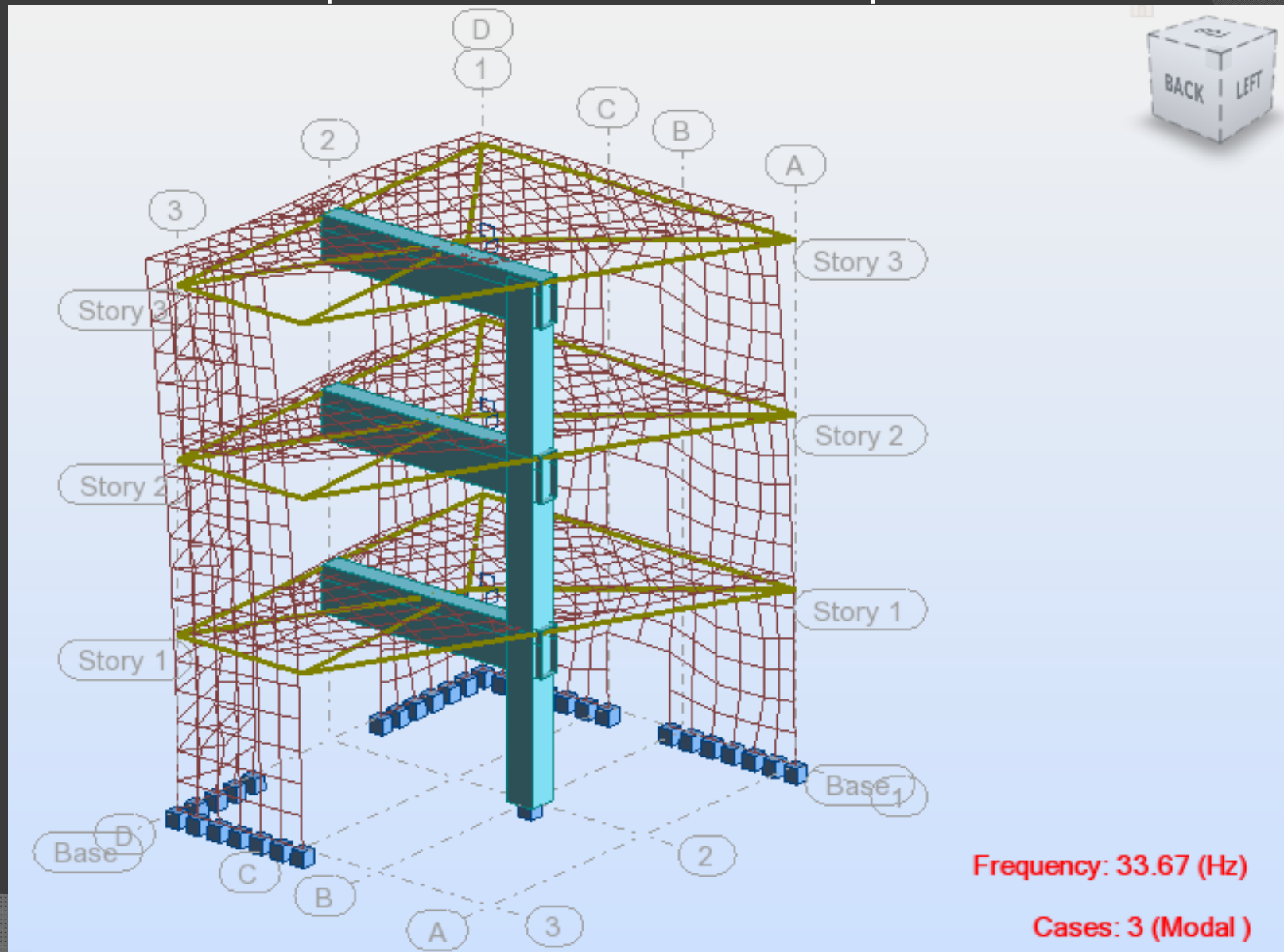
Modélisation sur ROBOT

*déformations pour le premier mode avec une fréquence de 18.89 Hz.



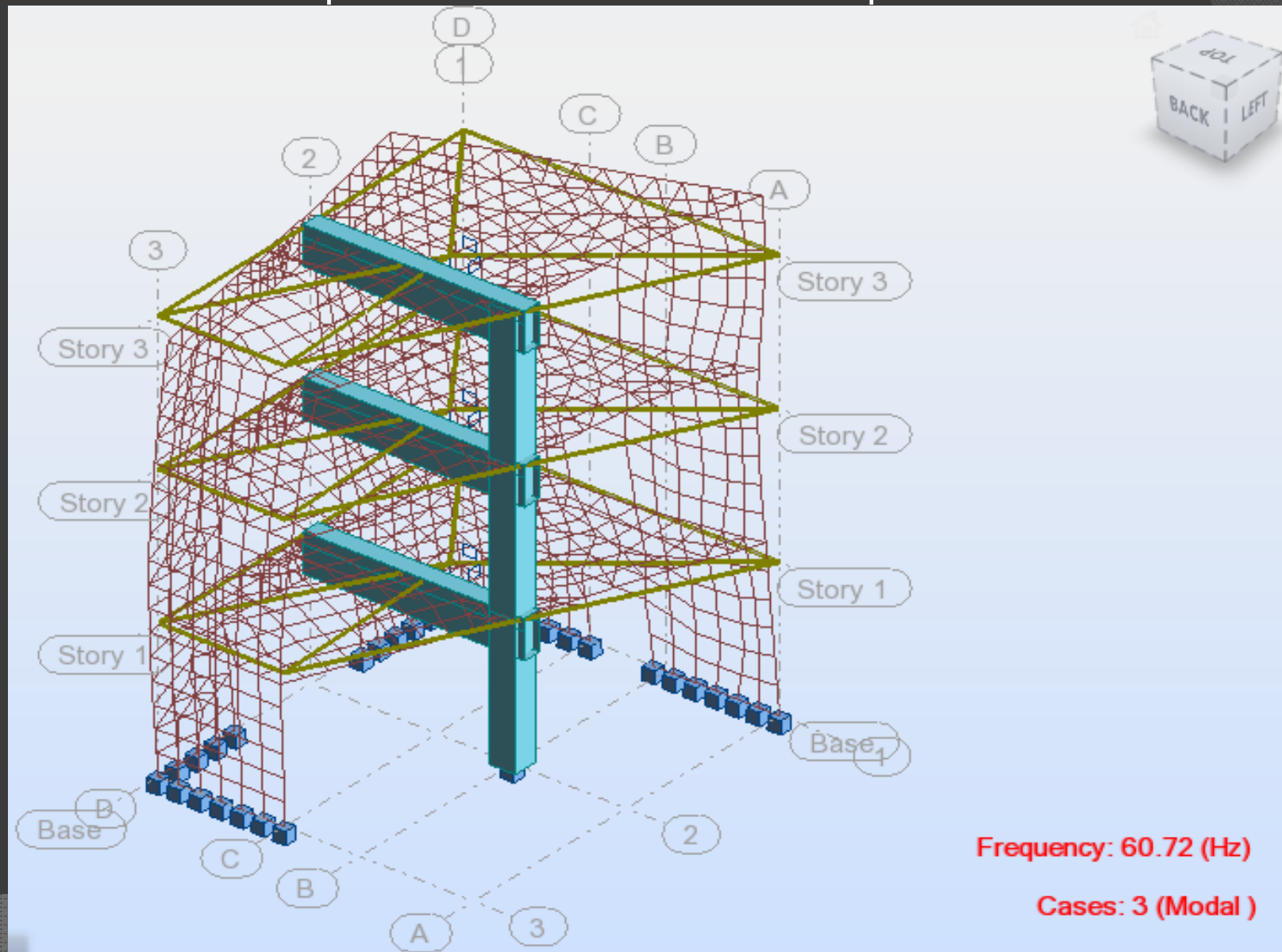
Modélisation sur ROBOT

*déformations pour le mode 2 avec une fréquence de 33.67 Hz.



Modélisation sur ROBOT

*déformations pour le mode 3 avec une fréquence de 60.72 Hz.



MES REMERCIEMENTS POUR LE JURY

JE REMERCIE SPÉCIALEMENT
M. GEORGES NAHAS L'ENCADREMENT
DE CE PROJET .