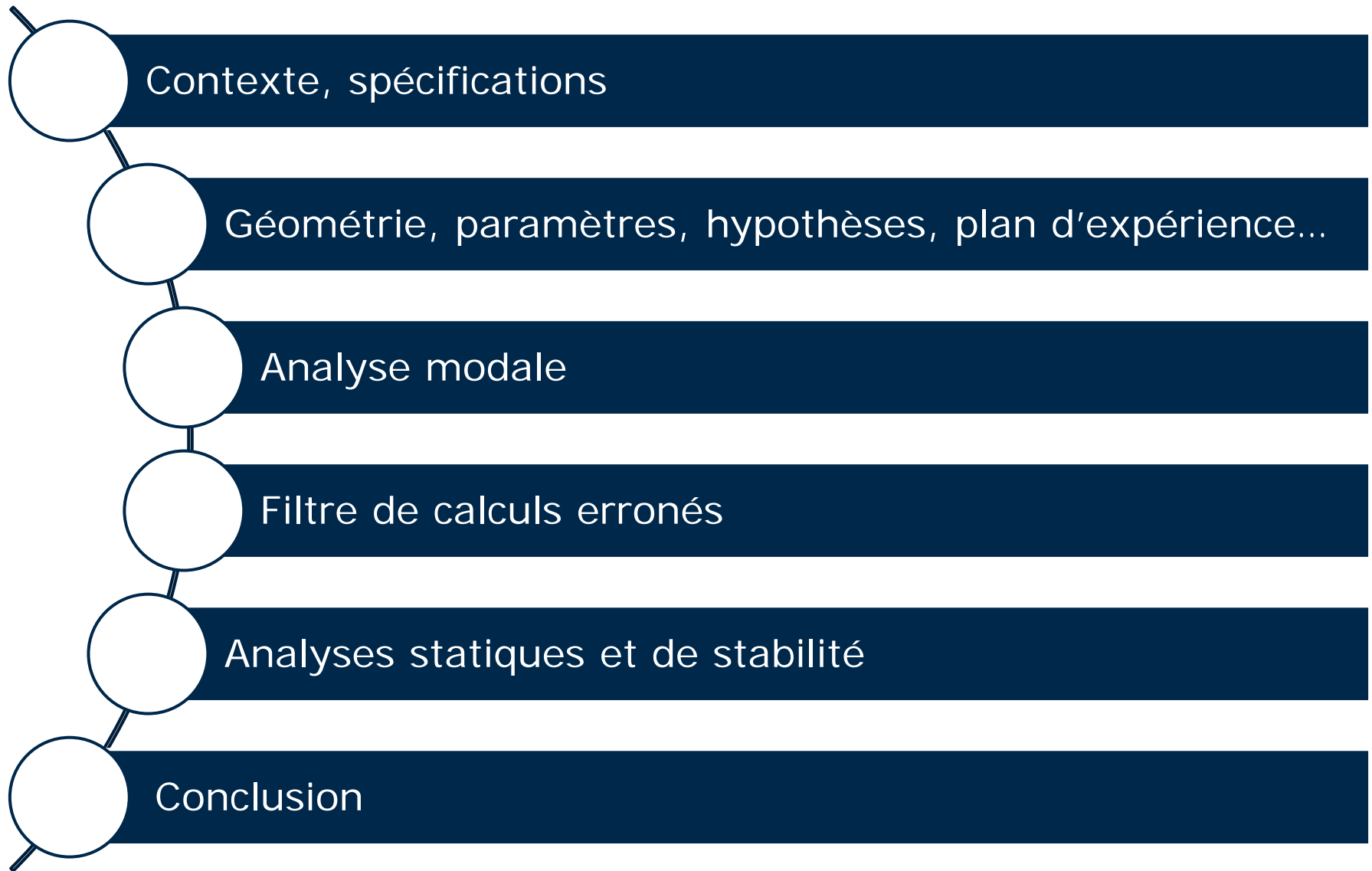




Optimisation d'un instrument spatial

Du 31/08 au 02/09/2016





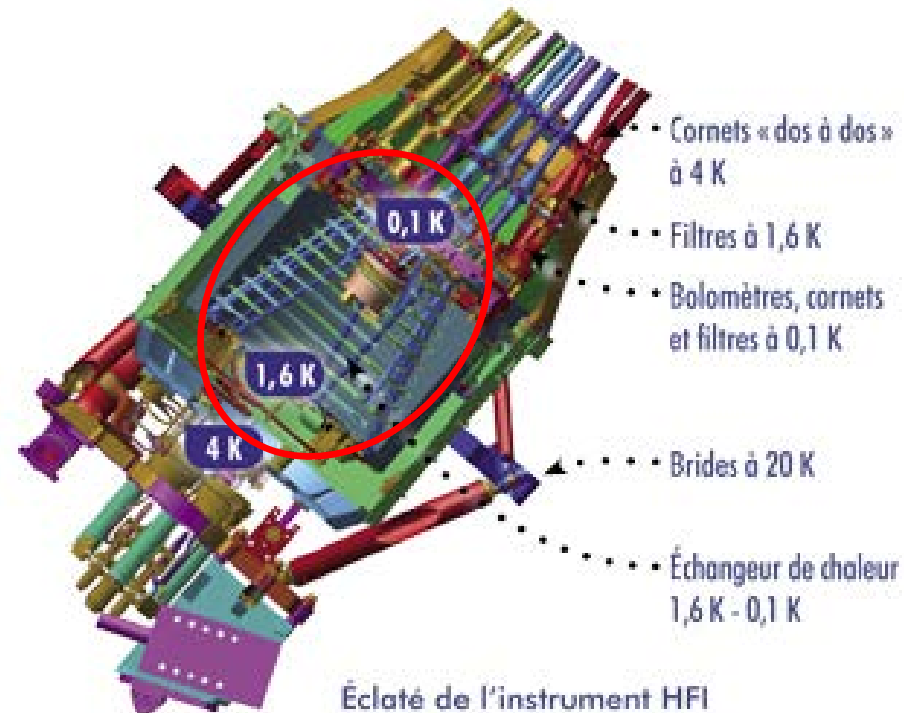
-Athena: observatoire spatial de rayons X, Mission pour L2 ESA's Cosmic Vision, lancement prévu 2028

-X-IFU: instrument, géré par le CNES, nécessite des détecteurs refroidis à 50mK → dilution en boucle fermée, finalisée pour 2019

-précédente mission: Planck

-autres missions potentielles (CORe+ avec plan focal, spectromètre Pixie, et LiteBIRD)

→ modèle entièrement paramétrable



Éclaté de l'instrument HFI
Instrument Planck

Données par le consortium:

- 1^e fréquence propre > 100-140Hz
- Volume (XxYxZ): maxi 350x350x160mm
- masse froide (<2kg): <6kg?
- résistance mécanique et au flambement (dilatation thermique, accélération statique équivalente de 120G dans les 3 directions)

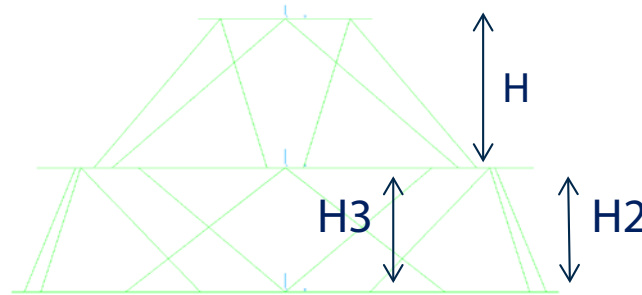
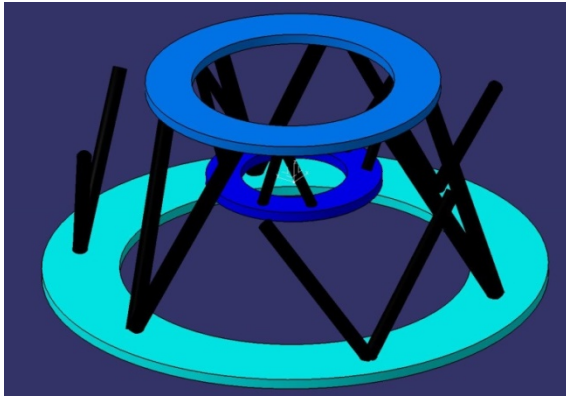
Internes à l'équipe:

- puissance de refroidissement : $14\mu\text{W}@300\text{mK}$ et $0.8\mu\text{W}@50\text{mK}$
- prendre les dimensions de tubes carbone de DPP (fournisseur)
- considérer la masse froide (50mK) à 1kg et 5kg
- H mini entre 2 étages = 50mm

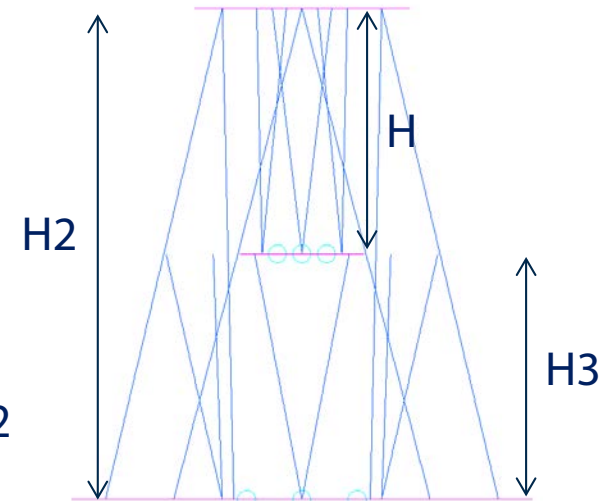
Ratio maximum Longueur/Section des tubes à chaque étage



Géométrie:



Configuration pyramide



Configuration compacte

Paramètres (5 familles):

-Fixés (8): angles entre poutre (selon nb pieds), le nombre de pieds par étage, masse étages 300mK et 1.7K

-Variables (11): H entre étages ($<160\text{mm}$), \emptyset_{ext} étages ($<350\text{mm}$), \emptyset pieds, masse froide

-Relations: $Re1 < Re2 < Re3$

Hypothèse: poutres (\neq barres) en carbone ($Re=800\text{MPa}$ ou $1600\text{MPa}?$)

Objectifs:

- Influence / sensibilité des différents paramètres
- Tendance vers une valeur optimale

- **Faire varier chaque paramètre 1 par 1** (paramètres pas tous indépendants, tables de Tagushi compliquées à choisir...)
- Même avec seulement 2 valeurs par paramètre: 2048 cas

Démarche:

1^{er} filtre des configurations par **analyse modale** (influence de la précontrainte due à T° ? Due à l'accélération? Due à la masse de la structure?)
→ extraction de la **1^e fréquences et masses participantes**

2^e filtre par analyse combinée **thermique et statique** (influence de T° ? De l'accélération?) → extraction des **contraintes normales et de cisaillement** (maxi et mini) dans les pieds

3^e filtre par analyse de **stabilité (flambement)** résultant du statique → extraction des **charges critiques de stabilité** (coefficient)

Remarque:

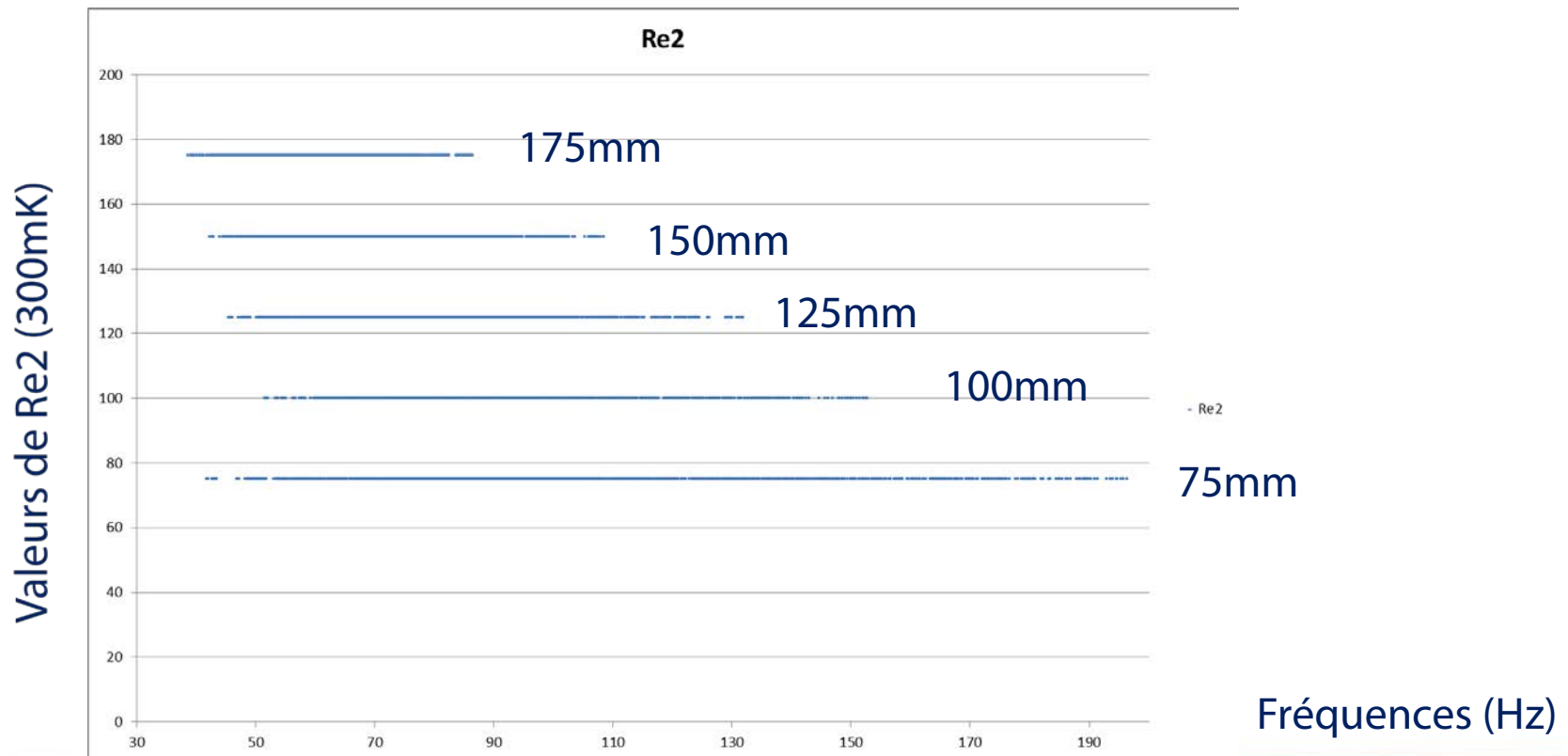
On regarde les résultats au niveau des **pieds**. Les étages en cuivre sont considérés épais mais de masse « réaliste » car on sait comment les réaliser de manière à remplir les critères thermiques et mécaniques avec une masse réduite (plaques nervurées).

Détermination de l'influence des différents paramètres: **1^{ère} façon (brute)**

Paramètres fixes: H1=60mm

Paramètres qui varient:

Rext/Rint pieds (mm)	Re1(mm)	Re2 (mm)	Re3 (mm)	H2 (mm)	Masse froide (kg)
1.5/1; 2/1.25; 2/1.5; 2.475/1.95	60; 85; 110	75; 100; 125; 150; 175	100; 125; 150; 175	60; 80	1; 5

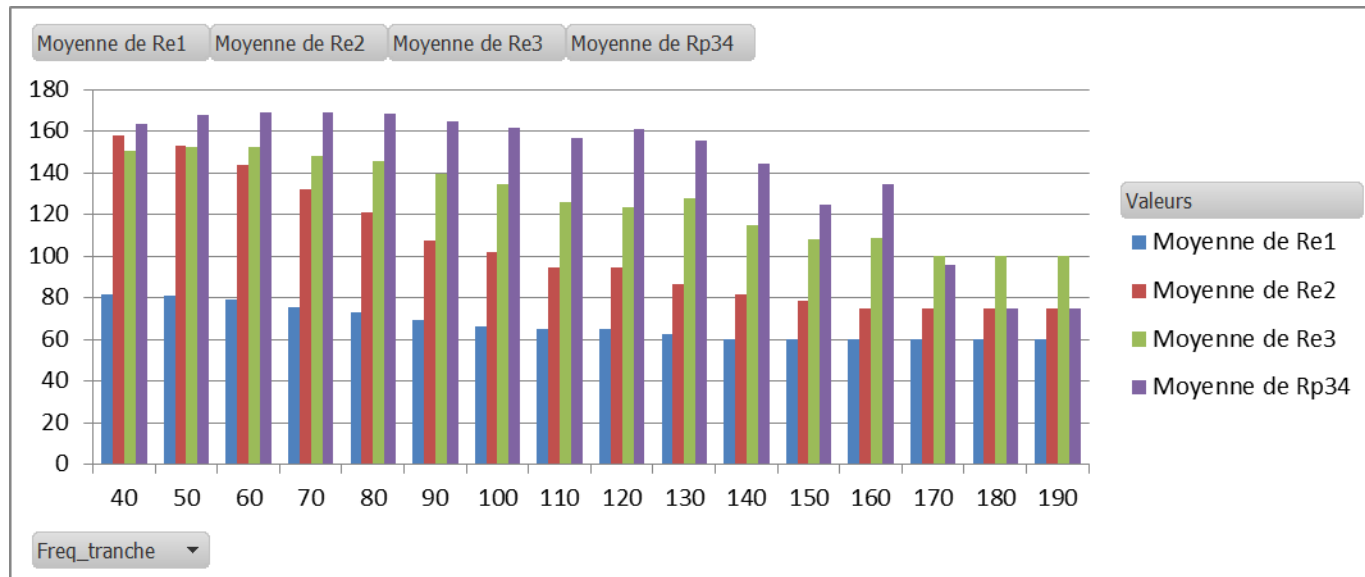


Détermination de l'influence des différents paramètres: **2^e façon par Tableau Croisé Dynamique**

Paramètres fixes: H1=60mm

Paramètres qui varient:

Rext/Rint pieds (mm)	Re1(mm)	Re2 (mm)	Re3 (mm)	H2 (mm)	Masse froide (kg)
1.5/1; 2/1.25; 2/1.5; 2.475/1.95	60; 85; 110	75; 100; 125; 150; 175	100; 125; 150; 175	60; 80	1; 5



Détermination de l'influence des différents paramètres: **3^e façon par Tableau Croisé Dynamique réciproque**

Étiquettes de lignes	Moyenne de Freq
60	87.06102051
85	76.20638672
110	65.41202474
Total général	80.86698289

Re1 (50mK)

Étiquettes de lignes	Moyenne de Freq
75	100.7321631
100	94.23716518
125	81.91401042
150	71.78278646
175	60.84718316
Total général	80.86698289

Re2 (300mK)

Étiquettes de lignes	Moyenne de Freq
100	95.47729167
125	89.07094922
150	78.92734375
175	69.75265925
Total général	80.86698289

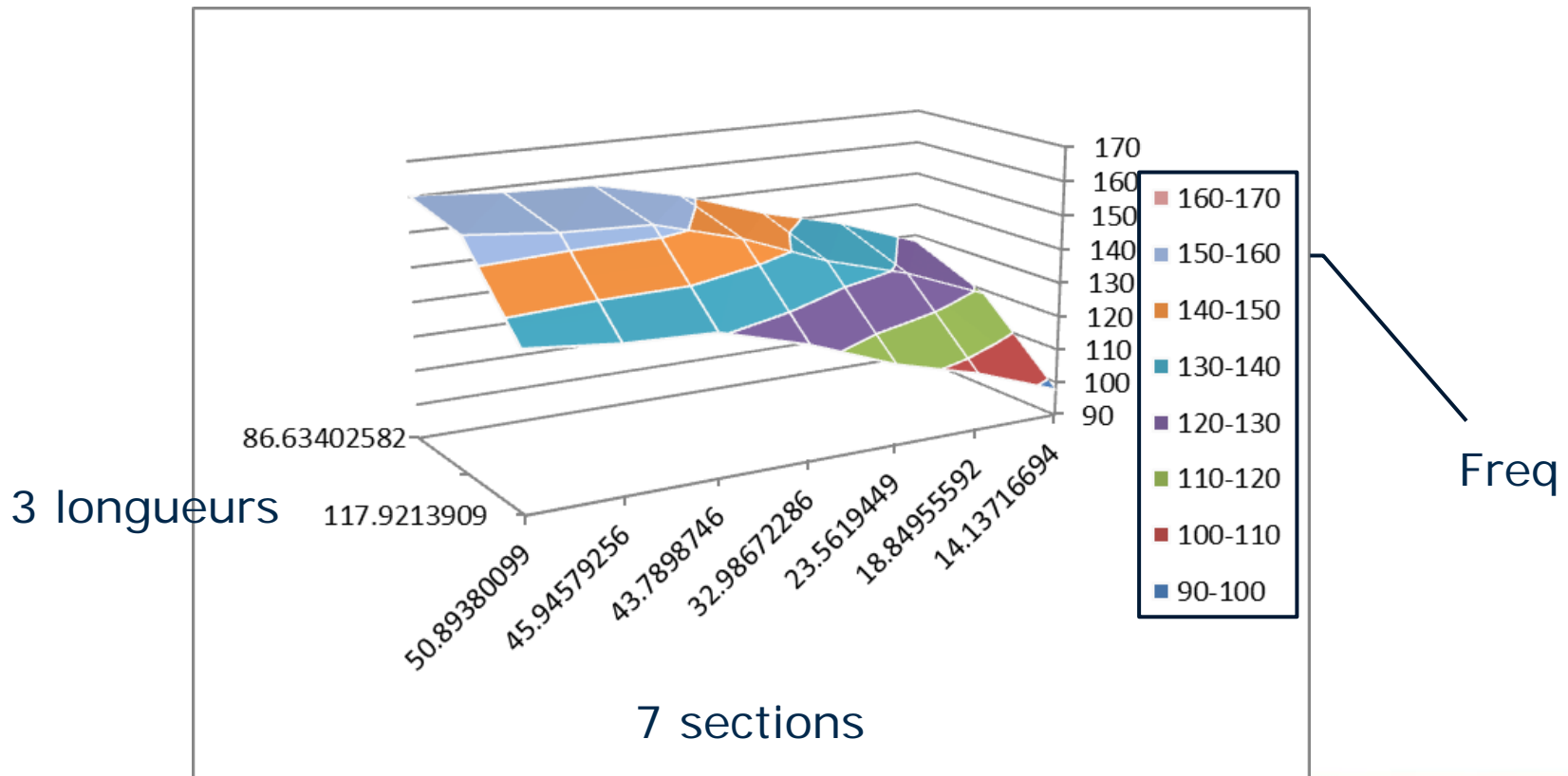
Re3 (1.7K)

Étiquettes de lignes	Moyenne de Freq
75	97.40989258
175	79.12562397
Total général	80.86698289

Rp34 (attache pieds3 structure)

Détermination de l'influence des différents paramètres: 4^e façon par graphique surfacique

Exemple de corrélation des paramètres des pieds L2 et S2:

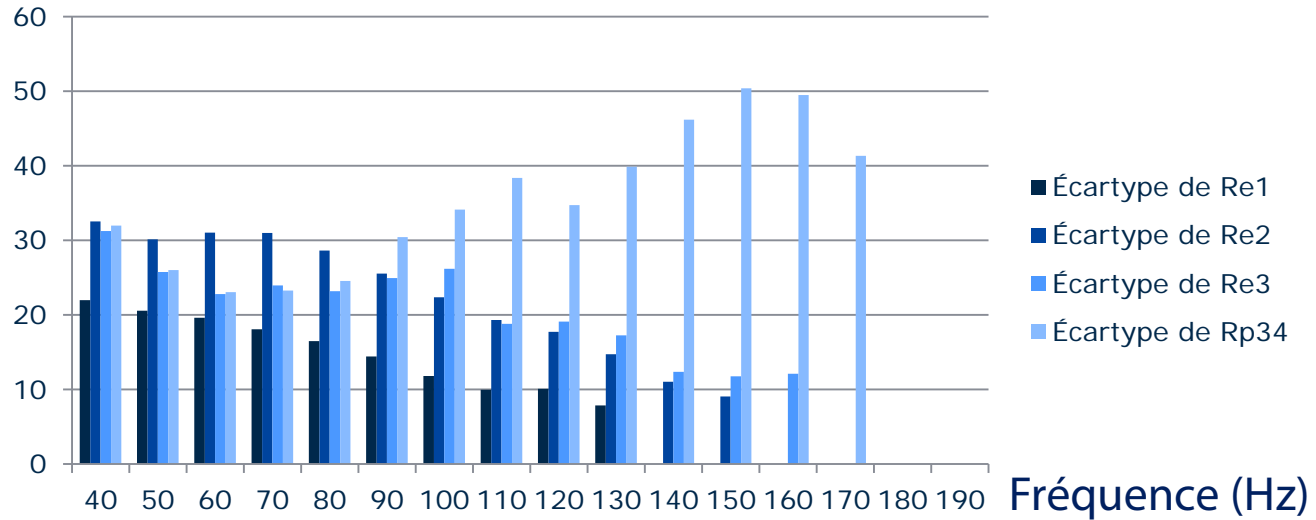


Analyses modales:

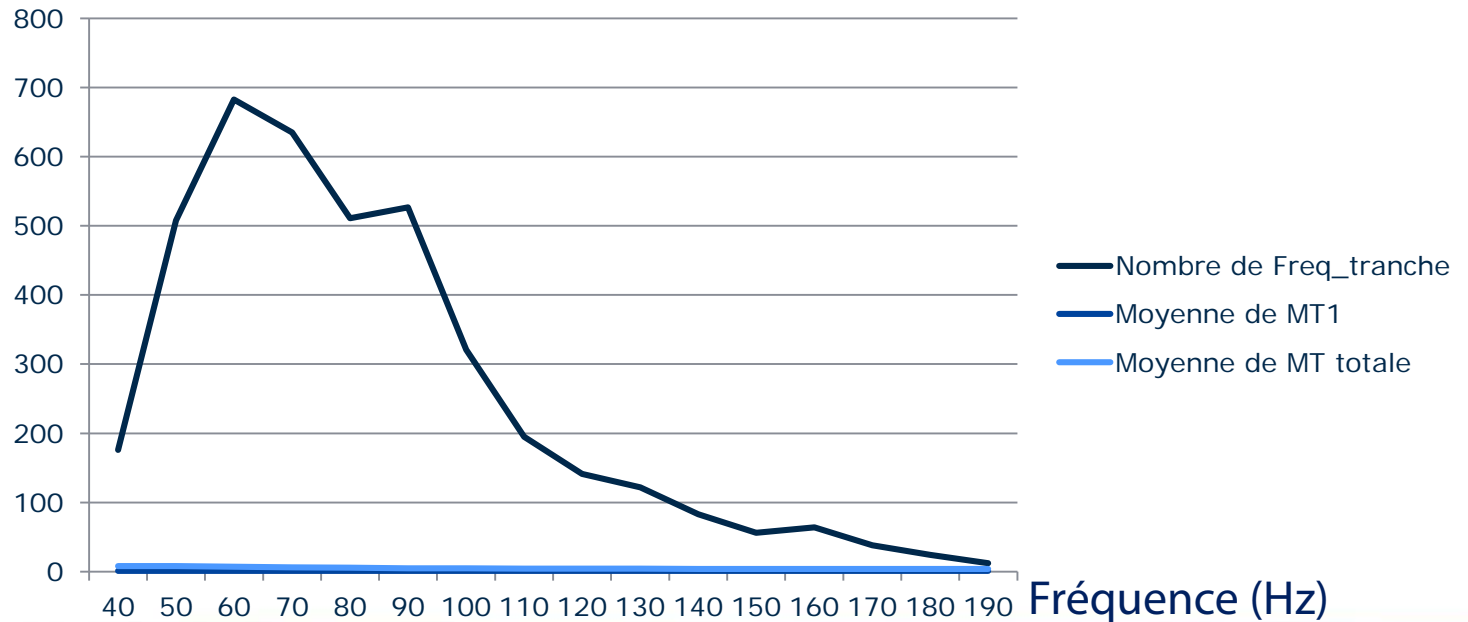
Résultats de la détermination de l'influence des différents paramètres et d'une fourchette pour leur valeur optimale:

Paramètre	Influence	Valeur significative
H	Plutôt influent (2)	
H2 (et H3)	Plutôt influent (2)	
Re1 (50mK)	Très influent (4)	Freq>100Hz → moy Re1<66mm
Re2 (300mK)	Très influent (4)	Freq>100Hz → moy Re2<102mm
Re3 (1.7K)	Influent (3)	Freq>100Hz → moy Re3<135mm
Rp34	Peu influent (1)	Freq>100Hz → moy Rp34<165mm
Repied1/Ripied1	Peu influent (1)	
Repied2/Ripied2	Plutôt influent (2)	
Repied3/Ripied3	Influent (3)	
L1/S1	Influent (3)	Freq>100Hz → moy L1/S1<25mm ⁻¹
L2/S2	Influent (3)	Freq>100Hz → moy L2/S2<32mm ⁻¹
L3/S3	Influent (3)	Freq>100Hz → moy L3/S3<38mm ⁻¹
Masse froide	Très influent (4)	

Ecart-types



Répartition des fréquences (avec filtre Re1 = 60mm)



Analyses statiques et de stabilité:

Sur 10 cas testés > 100Hz

Contraintes normales et de cisaillement
Mini (MPa) dans les poutres de l'étage3:

Cas avec seulement la gravité					
1GX		1GY		1GZ	
σ	τ	σ	τ	σ	τ
-7.242	-0.056	-6.943	-0.071	-4.709	-0.026
-7.588	-0.058	-7.261	-0.074	-4.934	-0.027
-4.821	-0.069	-5.933	-0.033	-4.048	-0.013
-12.945	-0.043	-12.618	-0.070	-4.125	-0.015
-12.672	-0.074	-12.211	-0.089	-2.968	-0.011
-7.914	-0.031	-9.874	-0.014	-7.448	-0.008
-11.847	-0.026	-11.144	-0.029	-9.967	-0.010
-15.902	-0.026	-13.938	-0.031	-12.784	-0.012
-16.578	-0.018	-14.406	-0.012	-13.587	-0.014
-15.146	-0.024	-13.180	-0.031	-12.158	-0.012

Cas avec la température et la gravité					
1GX		1GY		1GZ	
σ	τ	σ	τ	σ	τ
-41.4874	-5.028	-41.3663	-5.036	-37.9781	-5.006
-41.8094	-5.029	-41.6842	-5.040	-38.1213	-5.006
-78.1232	-5.427	-78.492	-5.435	-76.4262	-5.399
-12.9113	-1.642	-12.5839	-1.660	-4.15611	-1.628
-17.9828	-1.368	-17.5963	-1.378	-8.23814	-1.304
-41.2217	-1.383	-43.1273	-1.361	-39.2823	-1.359
-35.5725	-0.766	-34.8642	-0.769	-32.2926	-0.750
-49.209	-1.373	-47.2224	-1.384	-43.6177	-1.366
-36.0084	-0.670	-33.844	-0.672	-31.0549	-0.674
-48.4565	-1.372	-46.4642	-1.384	-43.1102	-1.365

Cas avec 120G					
120GX		120GY		120GZ	
σ	τ	σ	τ	σ	τ
-869.067	-6.687	-833.217	-8.499	-565.037	-3.110
-910.530	-6.903	-871.364	-8.884	-592.037	-3.229
-578.464	-8.259	-711.979	-3.960	-485.719	-1.618
-1553.350	-5.129	-1514.100	-8.432	-494.945	-1.826
-1520.650	-8.827	-1465.260	-10.659	-356.158	-1.275
-949.669	-3.732	-1184.940	-1.650	-893.701	-0.936
-1421.620	-3.118	-1337.300	-3.472	-1196.060	-1.228
-1908.180	-3.115	-1672.520	-3.759	-1534.020	-1.445
-1989.370	-2.216	-1728.770	-1.425	-1630.380	-1.702
-1817.510	-2.920	-1581.540	-3.747	-1458.950	-1.423

Cas avec 120G et thermique					
120GX		120GY		120GZ	
σ	τ	σ	τ	σ	τ
-903.074	-11.659	-867.64	-13.465	-533.281	-8.076
-944.536	-11.875	-905.786	-13.850	-560.281	-8.195
-651.68	-13.617	-784.538	-9.362	-419.271	-6.976
-1553.32	-6.650	-1514.07	-9.953	-494.975	-3.436
-1525.96	-10.121	-1470.65	-11.949	-350.884	-2.564
-982.977	-5.083	-1218.19	-2.983	-862.135	-2.288
-1445.34	-3.858	-1361.02	-4.212	-1173.31	-1.968
-1941.46	-4.447	-1705.81	-5.112	-1502.53	-2.799
-2008.8	-2.867	-1748.21	-2.085	-1611.72	-2.362
-1850.82	-4.252	-1614.83	-5.099	-1427.46	-2.776

Limite élastique fibre de carbone: Re=800 ou 1600 Mpa?

Analyses statiques et de stabilité:

Sur 10 cas testés > 100Hz

Charges critiques de stabilité (Dupuis) dans les poutres de chaque étage:

Cas avec seulement la gravité

1GX	1GY	1GZ
-65.040	-57.634	127.824
-59.186	-52.388	122.065
-76.624	-74.542	117.847
-20.599	-21.168	104.707
-13.019	-13.004	99.410
-23.741	-23.521	27.575
13.498	13.744	13.320
-16.940	17.587	16.046
10.876	-10.594	9.161
-17.721	18.381	16.869

Cas avec la température et G

1GX	1GY	1GZ
0.801	0.798	-0.803
0.847	0.845	0.852
0.594	0.594	0.596
0.816	0.811	0.824
0.591	0.592	0.613
0.400	0.400	0.402
0.300	0.300	0.302
0.402	0.402	0.406
0.310	0.310	0.313
0.402	0.402	0.406

Cas avec 120G

120GX	120GY	120GZ
-0.542	-0.480	1.065
-0.493	-0.437	1.017
-0.639	-0.621	0.982
-0.172	-0.176	0.873
-0.108	-0.108	0.828
-0.198	-0.196	0.230
0.112	0.115	0.111
-0.141	0.147	0.134
0.091	-0.088	0.076
-0.148	0.153	0.141

Cas avec 120G et thermique

120GX	120GY	120GZ
0.382	0.333	-0.544
-0.363	0.312	-0.538
0.324	0.308	-0.409
-0.159	0.148	0.530
0.093	0.093	0.530
0.156	0.157	-0.172
0.093	0.092	0.121
-0.124	0.115	0.155
0.077	0.073	0.083
-0.128	0.118	0.163

Utiliser des barres articulées?

Pistes:

- Essayer de réduire encore le nombre de paramètres et leur plage de valeurs
- Etudier les barres à la place des poutres (semble peu influent en analyse modale)
- Etudier l'influence de la masse totale du système (pas seulement de la masse froide), sans trop contraindre la conception des plaques

Merci

