

Rotor 18

- [Français](#)
- [English](#)

Downloadable files

x

Open access

[Git project](#)

About

One way to reduce compressor weight is to obtain a high pressure ratio per stage, thereby reducing the number of stages. As a consequence, several single-stage fans have been designed to produce stage pressure ratios ranging from 1.9 to 2.2. Rotor 18 is one of those fans with a pressure ratio of 1.925.

- Original technical report [(cite:lewis1974design>Lewis et al. «Design and performance of a high-pressure-ratio, highly loaded axial-flow transonic compressor stage » 1974. [pdf](#)):

```
@TechReport{lewis1974design,
  author      = {Lewis, George W. and Reid, Lonnie and Tysl, Edward R.},
  date        = {1974},
  institution = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United States},
  title       = {Design and performance of a high-pressure-ratio, highly loaded axial-flow transonic compressor stage},
  number      = {NASA-TM X-3100},
  url         = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19740025108},
}
```

- Picture :



Fig1. <https://catalog.archives.gov/id/17422714>

Useful documents

- [downloadable models](#) (Git project)
 - NASA technical report
(.pdf)
 - geometrical parameters file
(.csv), usable as input of OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes>Kojtych S., Batailly A. «OpenMCAD, an open blade generator: from Multiple-Circular-Arc profiles to Computer-Aided Design model» 2022. [open source code](#))] to generate reference blade models.

Reference blade

The **reference blade** is defined with multiple-circular arc profiles[(cite:Crouse_1969_computer)] given in the original NASA report[(cite:lewis1974design)]. Corresponding models are computed with the open-source code OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Geometry

[The geometry of rotor 18 is described in the original NASA report](#) by the following tables. The length are in centimeters and the angles in degrees.

TABLE IV. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 18

RP	PERCENT		RADIUS		BLADE ANGLES			DELTA	CONE
	SPAN	R1	R0	KIC	KTC	KOC	[NC		
TIP	0.	25.019	24.359	63.50	60.06	48.60	2.49	-15.536	
1	5.	24.442	23.871	61.91	58.53	47.71	2.75	-12.940	
2	10.	23.906	23.383	60.51	57.10	46.55	3.00	-11.383	
3	30.	21.655	21.433	55.62	51.09	39.82	4.08	-4.201	
4	48.	19.590	19.726	52.08	45.52	31.18	5.03	2.263	
5	50.	19.288	19.482	51.61	44.86	29.62	5.17	3.196	
6	53.	18.983	19.238	51.14	44.24	27.97	5.30	4.131	
7	55.	18.676	18.994	50.68	43.63	26.26	5.43	5.076	
8	58.	18.367	18.750	50.22	42.97	24.48	5.56	6.033	
9	70.	16.777	17.531	48.02	39.76	14.38	6.16	10.944	
10	90.	14.079	15.580	44.63	35.58	-7.70	6.86	19.179	
11	95.	13.384	15.093	43.76	34.81	-14.81	6.97	21.167	
HUB	100.	12.700	14.605	42.89	34.15	-22.54	7.04	22.937	

RP	BLADE THICKNESSES			AXIAL DIMENSIONS			
	T1	TM	TO	ZIC	ZMC	ZTC	ZOC
TIP	0.051	0.152	0.051	1.148	2.212	2.267	3.523
1	0.051	0.163	0.051	1.087	2.213	2.225	3.573
2	0.051	0.173	0.051	1.031	2.213	2.183	3.626
3	0.051	0.216	0.051	0.812	2.205	1.966	3.847
4	0.051	0.256	0.051	0.627	2.193	1.719	4.048
5	0.051	0.262	0.051	0.602	2.191	1.681	4.076
6	0.051	0.267	0.051	0.578	2.188	1.643	4.125
7	0.051	0.273	0.051	0.554	2.185	1.604	4.133
8	0.051	0.279	0.051	0.529	2.182	1.563	4.160
9	0.051	0.309	0.051	0.396	2.164	1.341	4.296
10	0.051	0.360	0.051	0.149	2.126	0.924	4.466
11	0.051	0.373	0.051	0.076	2.117	0.807	4.488
HUB	0.051	0.386	0.051	0.000	2.107	0.687	4.532

Aerodynamic design

	unit	value
pressure ratio	[-]	1.925
mass flow	[kg/s]	29.5
tip speed	[m/s]	422
tip solidity	[-]	1.7
aspect ratio	[-]	2.6
number of blades	[-]	56
nominal rotation speed ω_n	[rad/s]	1686

Material properties

The original material of the rotor 18 is not defined in the NASA report. A generic titanium Ti-6Al-4V is considered:

	unit	value
alloy	[-]	Ti-6Al-4V
Young's modulus	[GPa]	108
density	[kg/m ³]	4400
Poisson's ratio	[-]	0.34
yield stress	[GPa]	0.824

CAD model

The CAD model is computed with the open source code OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].



pressure side



suction side

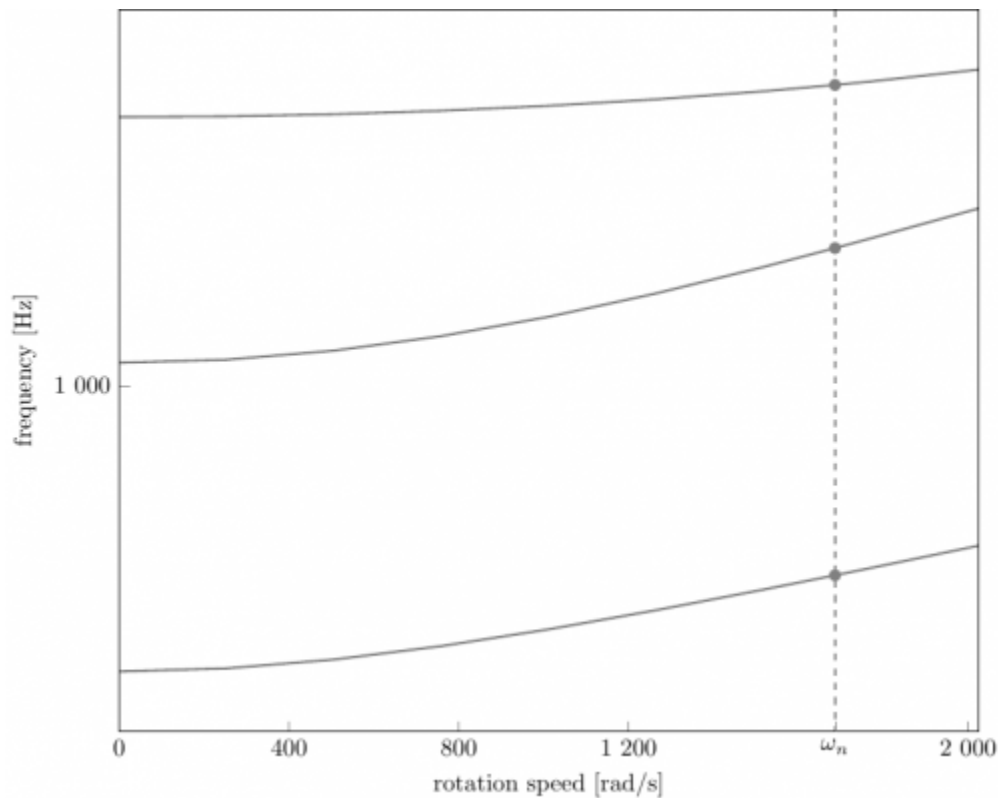
Natural frequencies

First three natural frequencies (with clamped root) for the mesh computed with OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)]:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	2023.14	321.99
2	2B	6631.02	1055.36
3	1T	10297.70	1638.93

Campbell diagram

Evolution of the natural frequencies of the first 3 vibration modes, as a function of rotation speed, for the mesh computed with OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)]:



Campbell diagram computed with a linear centrifugal preload, with clamped root (nominal rotation speed $\omega_n = 1\,686$ rad/s)

- graph (.pdf)
- Campbell data (.csv)

Initial blade

The **initial blade** is defined with in-house LAVA parameters[(cite:Kojtych_2022_Methodology)] computed from the reference blade CAD model. The initial blade is usually used as starting point for an optimization process. Its geometry is similar to the one of the reference blade.

Natural frequencies

First three natural frequencies (with clamped root)

- from the whole mesh:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	2018.44	321.244
2	2B	6628.45	1054.95
3	1T	10299.84	1639.27

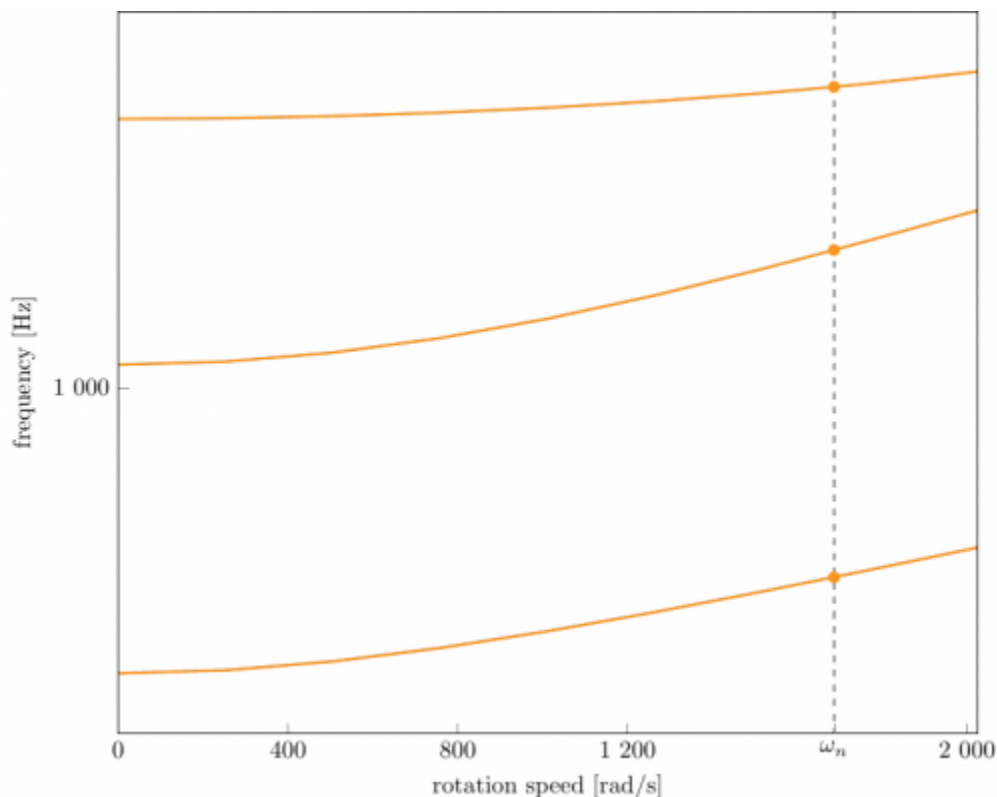
- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	2018.52	321.258
2	2B	6631.02	1055.36

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
3	1T	10304.68	1640.04

Campbell diagram

Comparison of the evolution of the natural frequencies of the first 3 vibration modes, as a function of rotation speed for the initial and the reference blade:



Campbell diagram computed with a linear centrifugal preload, with clamped root (nominal speed $\omega_n = 1686$ rad/s),

initial blade (orange), reference blade (gray)

- graph (.pdf)
- Campbell data (.csv)

Fichiers téléchargeables

x

Libre accès

[lien vers le projet Git](#)

À propos

Une façon de réduire le poids d'un compresseur est d'atteindre un rapport de pression élevé par étage,

ce qui permet de réduire le nombre d'étages de ce compresseur. Par conséquent, plusieurs soufflantes à un étage ont été conçus pour produire des rapports de pression par étage allant de 1,9 à 2,2. Le rotor 18 est donc une de ces soufflantes et possède un taux de compression de 1,925.

- Rapport technique original [(cite:lewis1974design>)]:

```
@TechReport{lewis1974design,  
  author      = {Lewis, George W. and Reid, Lonnie and Tysl, Edward  
R.},  
  date        = {1974},  
  institution  = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United  
States},  
  title       = {Design and performance of a high-pressure-ratio,  
highly loaded axial-flow transonic compressor stage},  
  number      = {NASA-TM X-3100},  
  url         = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19740025108},  
}
```

- Photographie :



Fig1. <https://catalog.archives.gov/id/17422714>

Documents utiles

- [modèles téléchargeables](#) (lien vers projet Git)

- rapport technique original
- de la NASA (.pdf)
- [fichier de paramètres géométriques](#) (.csv), utilisable en entrée de OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes>)] pour générer l'aube de référence

Aube de référence

L'**aube de référence** est définie par des profils de type arcs circulaires multiples[(cite:Crouse_1969_computer>Crouse et al. «A computer program for composing compressor blading from simulated circular-arc elements on conical surfaces » 1969. NASA-TN-D-5437. [pdf](#))], donnés dans le rapport technique original de la NASA[(cite:lewis1974design)]. Les modèles associés sont obtenus avec le code en libre accès OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Géométrie

La géométrie du rotor 18 est décrite dans le [rapport d'origine de la NASA](#) par les tableaux suivants. Les grandeurs sont en centimètres et en degrés.

TABLE IV. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 18

RP	PERCENT		RADII		BLADE ANGLES			DELTA	CONE
	SPAN		R1	R0	K1C	KTC	KOC	INC	
TIP	0.	25.019	24.359		63.50	60.06	48.60	2.49	-15.536
1	5.	24.442	23.871		61.91	58.53	47.71	2.75	-12.940
2	10.	23.906	23.383		60.51	57.10	46.55	3.00	-11.383
3	30.	21.655	21.433		55.62	51.09	39.82	4.08	-4.201
4	48.	19.590	19.726		52.08	45.52	31.18	5.03	2.263
5	50.	19.288	19.482		51.61	44.86	29.62	5.17	3.196
6	53.	18.983	19.238		51.14	44.24	27.97	5.30	4.131
7	55.	18.676	18.994		50.68	43.63	26.26	5.43	5.076
8	58.	18.367	18.750		50.22	42.97	24.48	5.56	6.033
9	70.	16.777	17.531		48.02	39.76	14.38	6.16	10.944
10	90.	14.079	15.580		44.63	35.58	-7.70	6.86	19.179
11	95.	13.384	15.093		43.76	34.81	-14.81	6.97	21.167
HUB	100.	12.700	14.605		42.89	34.15	-22.54	7.04	22.937

RP	BLADE THICKNESSES			AXIAL DIMENSIONS			
	T1	TM	T0	Z1C	ZMC	ZTC	ZOC
TIP	0.051	0.152	0.051	1.148	2.212	2.267	3.523
1	0.051	0.163	0.051	1.087	2.213	2.225	3.573
2	0.051	0.173	0.051	1.031	2.213	2.183	3.626
3	0.051	0.216	0.051	0.812	2.205	1.966	3.847
4	0.051	0.256	0.051	0.627	2.193	1.719	4.048
5	0.051	0.262	0.051	0.602	2.191	1.681	4.076
6	0.051	0.267	0.051	0.578	2.188	1.643	4.125
7	0.051	0.273	0.051	0.554	2.185	1.604	4.133
8	0.051	0.279	0.051	0.529	2.182	1.563	4.160
9	0.051	0.309	0.051	0.396	2.164	1.341	4.296
10	0.051	0.360	0.051	0.149	2.126	0.924	4.466
11	0.051	0.373	0.051	0.076	2.117	0.807	4.488
HUB	0.051	0.386	0.051	0.000	2.107	0.687	4.502

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
--	--------	---------

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1,925
débit massique	[kg/s]	29,5
vitesse en tête	[m/s]	422
solidité en tête	[-]	1,7
allongement	[-]	2,6
nombre d'aubes	[-]	56
vitesse de rotation nominale ω_n	[rad/s]	1686

Propriétés matériau

Le matériau original du rotor 18 n'est pas défini dans le rapport de la NASA. Un alliage de titane Ti-6Al-4v est considéré :

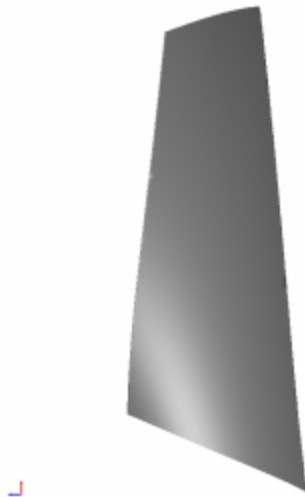
	unité	valeurs
alliage	[-]	Ti-6Al-4v
module d'Young	[GPa]	108
masse volumique	[kg/m ³]	4400
coefficient de Poisson	[-]	0,34
limite élastique	[GPa]	0,824

Modèle CAO

Le modèle CAO est obtenu avec OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].



intrados



extrados

Fréquences propres

Fréquences des trois premiers modes (noeuds du pied d'aube encastres) pour le maillage obtenu avec OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)] :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2023,14	321,99
2	2F	6631,02	1055,36
3	1T	10297,70	1638,93

Diagramme de Campbell

Évolution des fréquences propres des 3 premiers modes, en fonction de la vitesse de rotation, pour le maillage obtenu avec OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)]:

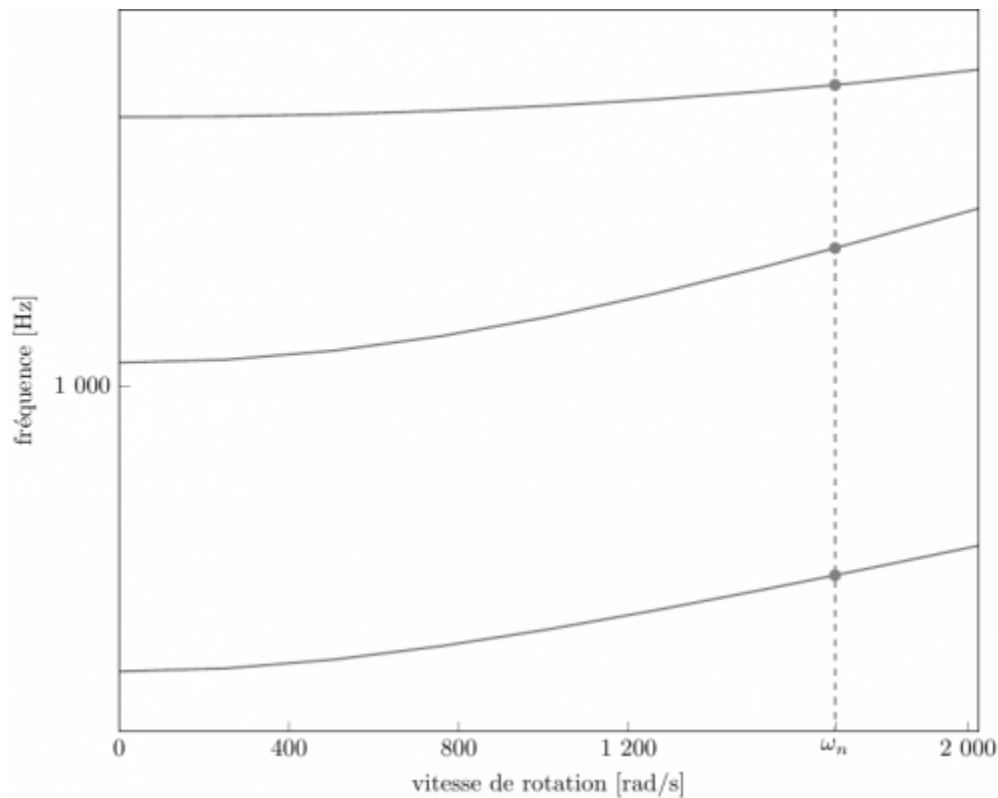


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale $\omega_n = 1\,686$ rad/s)

- graphique (.pdf)
- données du Campbell (.csv)

Aube initiale

L'**aube initiale** est définie par des paramètres spécifiques au LAVA[(cite:Kojtych_2022_Methodology>Kojtych S. *et al.* «Methodology for the Redesign of Compressor Blades Undergoing Nonlinear Structural Interactions: Application to Blade-Tip/Casing Contacts » 2022. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 145, No. 5. [pdf](#))] obtenus à partir du modèle CAO de l'aube de référence. L'aube initiale est classiquement utilisée comme point de départ dans le cadre de procédures d'optimisation; sa géométrie est similaire à celle de l'aube de référence.

Fréquences propres

Fréquences des trois premiers modes (noeuds du pied d'aube encastrés),

- pour le maillage complet :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2018,44	321,24
2	2F	6628,45	1054,95
3	1T	10299,84	1639,27

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2018,52	321,26
2	2F	6631,02	1055,36
3	1T	10304,68	1640,04

Diagramme de Campbell

Comparaison de l'évolution des fréquences propres des 3 premiers modes, en fonction de la vitesse de rotation, pour l'aube initiale et de référence:

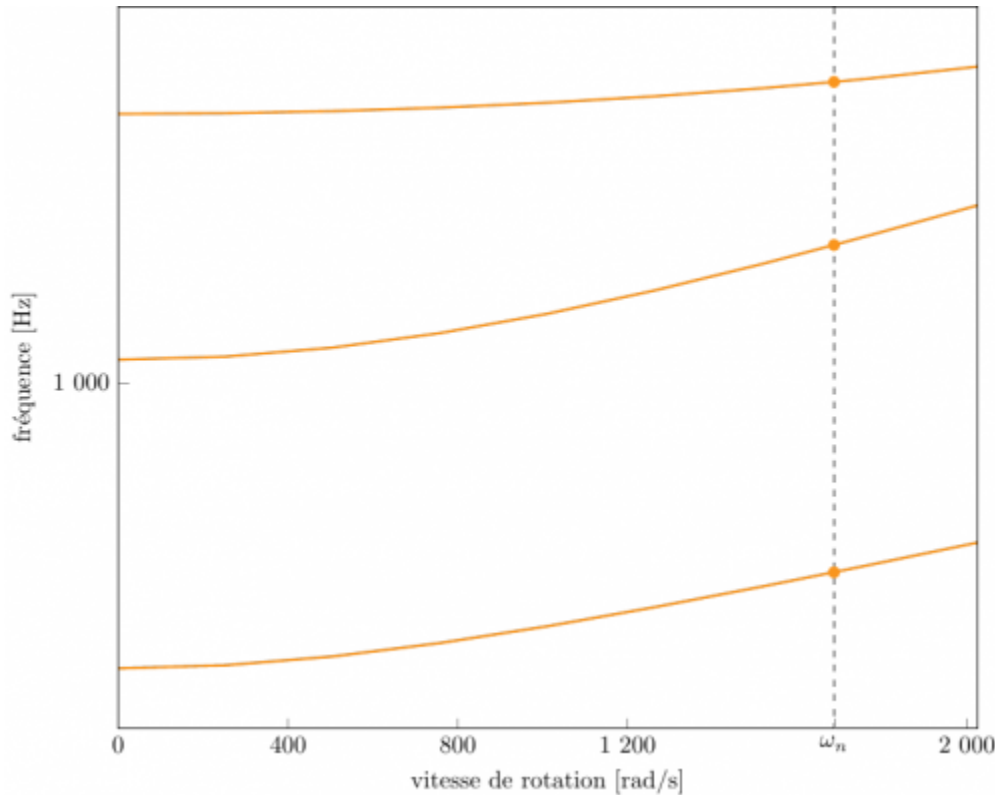


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale $\omega_n = 1\,686$ rad/s),

aube initiale (orange), aube de référence (grise)

- graphique (.pdf)
- données du Campbell (.csv)