Rotor 7

- Français
- English

Downloadable files
×

Open access

Git project

About

Rotor 7 is part of a research program to study the effects of blade shape on efficiency and stall margin. A series of transonic rotors, including rotor 6 and 7, was designed with the same exit total pressure distribution to investigate the effects of blade shape.

- Original technical report [1]:

```
@TechReport{urasek1972design,
  author           = {Urasek, Donald C. and Janetzke, David C.},
  date             = {1972},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of tandem-bladed transonic compressor
rotor with tip speed of 1375 feet per second},
  number           = {NASA-TM X-2484},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19720011123},
}
```

- Picture :

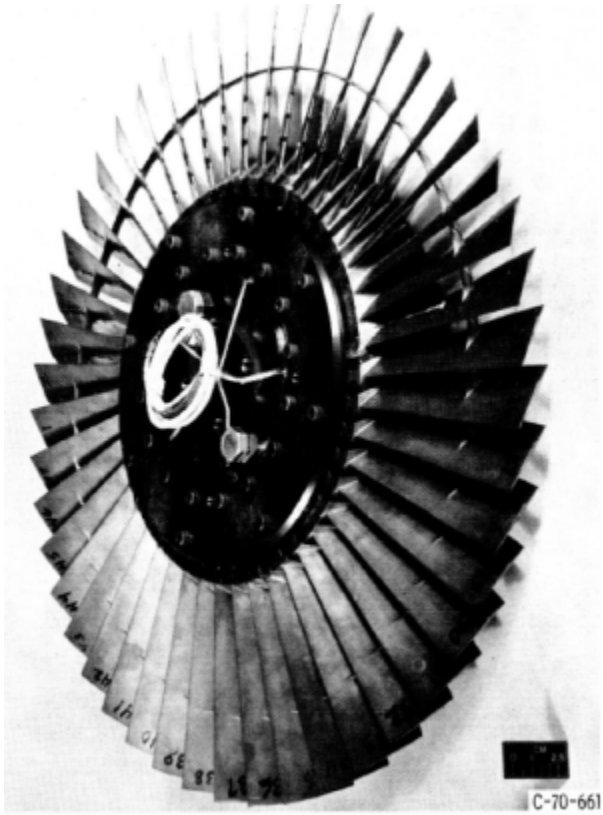


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19720011123 p.58

Useful documents

- downloadable models (Git project)
- NASA technical report (.pdf)
- geometrical parameters file (.csv), usable as input of OpenMCAD[2] to generate reference blade models.

Reference blade

The **reference blade** is defined with multiple-circular arc profiles[3] given in the original NASA report[1]. Corresponding models are computed with the open-source code OpenMCAD[2].

Geometry

The geometry of rotor 7 is described in the original NASA report by the following tables. The length are in inches and the angles in degrees.

TABLE III. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 7

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RO	BLADE ANGLES KIC	KTC	KOC	DELTA INC
TIP	0.	9.852	9.818	61.27	59.53	48.55	2.57
1	5.	9.717	9.623	60.39	58.83	48.51	2.75
2	10.	9.508	9.429	59.08	57.74	48.33	3.03
3	30.	8.635	8.650	54.43	53.07	45.16	4.18
4	40.	8.180	8.261	52.27	50.40	42.35	4.77
5	43.	8.065	8.164	51.75	49.69	41.52	4.91
6	45.	7.949	8.067	51.22	48.96	40.63	5.06
7	48.	7.832	7.969	50.70	48.23	39.71	5.21
8	50.	7.714	7.872	50.19	47.49	38.76	5.35
9	70.	6.726	7.094	46.38	41.40	29.63	6.46
10	90.	5.592	6.315	44.06	36.61	17.09	7.30
11	95.	5.266	6.121	43.89	36.11	13.27	7.42
HUB	100.	5.014	5.926	43.87	35.93	9.32	7.48

RP	BLADE THICKNESSES TI	TM	TO	AXIAL DIMENSIONS ZMC	ZTC	ZOC	CONE ANGLE
TIP	0.020	0.059	0.020	0.421	0.560	0.893	-2.181
1	0.020	0.061	0.020	0.432	0.561	0.922	-5.794
2	0.020	0.066	0.020	0.449	0.563	0.951	-4.776
3	0.020	0.083	0.020	0.509	0.551	1.069	0.842
4	0.020	0.092	0.020	0.538	0.535	1.132	4.083
5	0.020	0.094	0.020	0.545	0.530	1.148	4.922
6	0.020	0.096	0.020	0.552	0.524	1.165	5.771
7	0.020	0.099	0.020	0.560	0.518	1.181	6.638
8	0.020	0.101	0.020	0.567	0.512	1.197	7.520
9	0.020	0.120	0.020	0.624	0.445	1.328	15.492
10	0.020	0.142	0.020	0.669	0.351	1.438	26.702
11	0.020	0.148	0.020	0.676	0.324	1.459	30.363
HUB	0.020	0.153	0.020	0.680	0.302	1.477	31.686

Aerodynamic design

	unit	value
pressure ratio	[-]	1.65
mass flow	[kg/s]	29.6
tip speed	[m/s]	419
tip solidity	[-]	1.3
aspect ratio	[-]	2.5
number of blades	[-]	47
nominal rotation speed ω_n	[rad/s]	1675.51

Material properties

The material of rotor 7 is not defined in the original NASA report. A 200-grade maraging steel is considered:

	unit	value
alloy	[-]	18-Ni-200-maraging
Young's modulus	[GPa]	180
density	[kg/m3]	8000
Poisson's ratio	[-]	0.3

	unit	value
yield stress	[GPa]	1.38

CAD model

The CAD model is computed with the open source code OpenMCAD[2].

pressure side

suction side

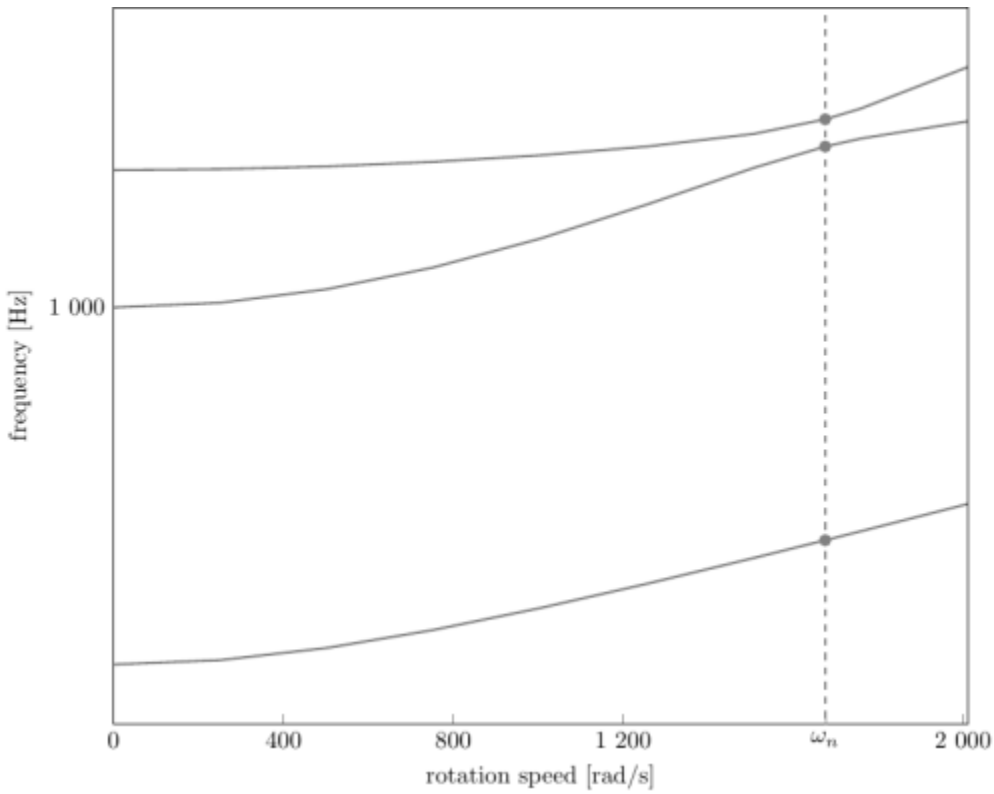
Natural frequencies

First three natural frequencies (with clamped root) for the mesh computed with OpenMCAD[2]:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	1640.16	261.04
2	2B	6277.38	999.08
3	1T	8061.01	1282.95

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[2]:



Campbell diagram computed with a linear centrifugal preload, with clamped root (nominal rotation speed ω_n = 1 675.51 rad/s)

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

Initial blade

The **initial blade** is defined with in-house LAVA parameters[4] 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:

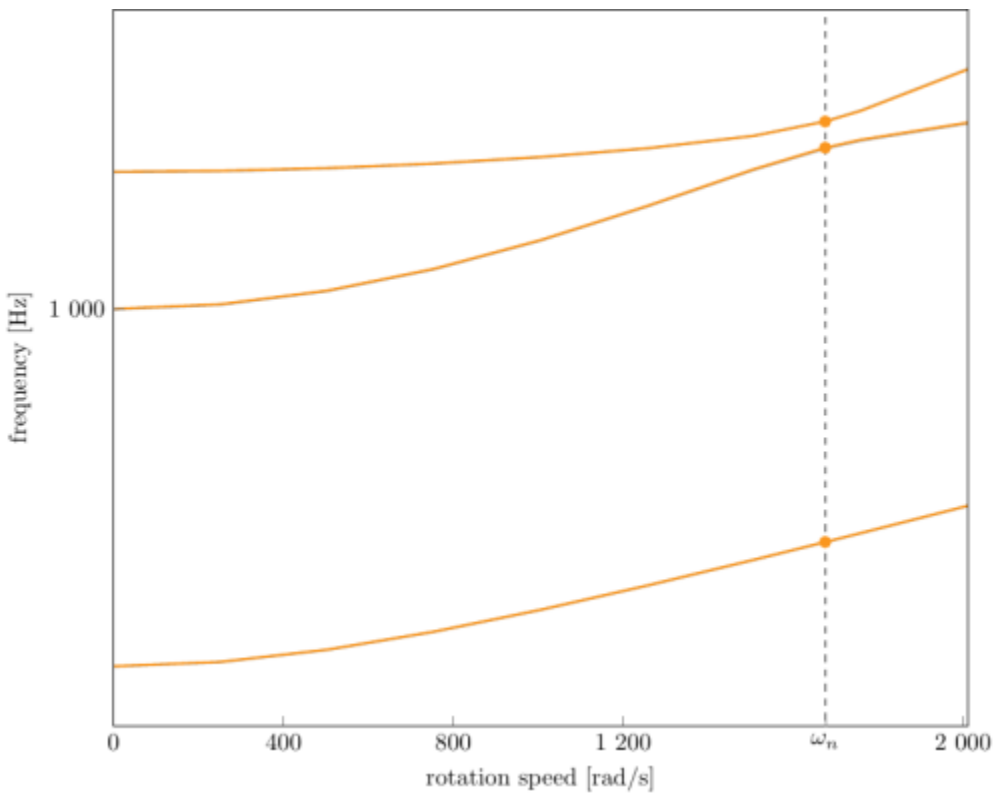
Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	1643.54	261.58
2	2B	6284.69	1000.24
3	1T	8065.98	1283.74

- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	1643.58	261.58
2	2B	6287.27	1000.65
3	1T	8067.92	1284.05

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 ω_n = 1 800 rad/s),

initial blade (orange), reference blade (gray)

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

Fichiers téléchargeables
×

Libre accès

lien vers le projet Git

À propos

Le rotor 7 fait partie d'un programme de recherche visant à étudier les effets de la forme des pales sur l'efficacité et la marge de décrochage. Une série de rotors transsoniques ont été conçus avec la même distribution de pression totale de sortie pour étudier les effets de la forme des pales. On retrouve par exemple le rotor 6 et 7.

- Rapport technique original [1]:

```
@TechReport{urasek1972design,
  author           = {Urasek, Donald C. and Janetzke, David C.},
  date             = {1972},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of tandem-bladed transonic compressor
rotor with tip speed of 1375 feet per second},
  number           = {NASA-TM X-2484},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19720011123},
}
```

- Photographie :

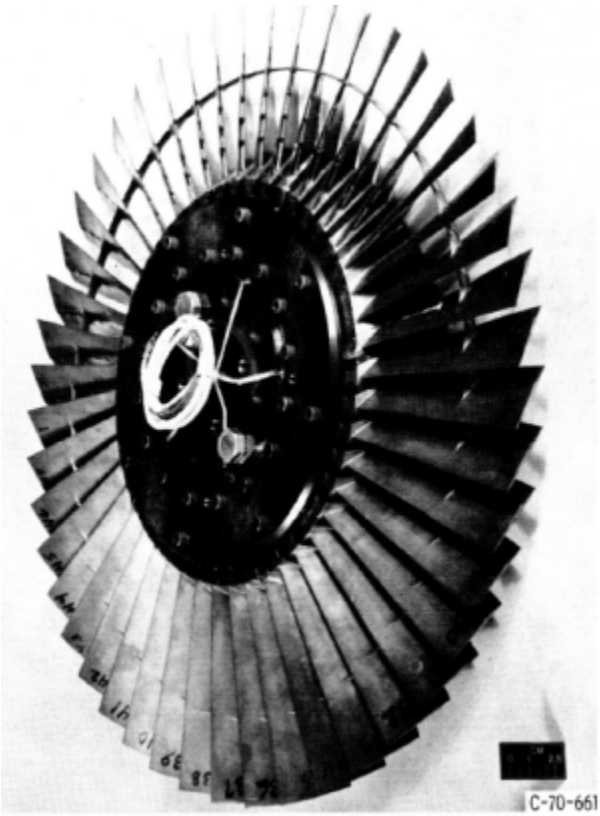


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19720011123 p.58

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[2] pour générer l'aube de référence

Aube de référence

L'**aube de référence** est définie par des profils de type arcs circulaires multiples[3], donnés dans le rapport technique original de la NASA[1]. Les modèles associés sont obtenus avec le code en libre accès OpenMCAD[2].

Géométrie

La géométrie du rotor 7 est décrite dans le rapport d'origine de la NASA par les tableaux suivants. Les grandeurs sont en pouces et en degrés.

TABLE III. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 7

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC
TIP	0.	9.852	9.818	61.27	59.53	48.55	2.57
1	5.	9.717	9.623	60.39	58.83	48.51	2.75
2	10.	9.508	9.429	59.08	57.74	48.33	3.03
3	30.	8.635	8.650	54.43	53.07	45.16	4.18
4	40.	8.180	8.261	52.27	50.40	42.35	4.77
5	43.	8.065	8.164	51.75	49.69	41.52	4.91
6	45.	7.949	8.067	51.22	48.96	40.63	5.06
7	48.	7.832	7.969	50.70	48.23	39.71	5.21
8	50.	7.714	7.872	50.19	47.49	38.76	5.35
9	70.	6.726	7.094	46.38	41.40	29.63	6.46
10	90.	5.592	6.315	44.06	36.61	17.09	7.30
11	95.	5.266	6.121	43.89	36.11	13.27	7.42
HUB	100.	5.014	5.926	43.87	35.93	9.32	7.48

RP	BLADE THICKNESSES TI	BLADE THICKNESSES TM	BLADE THICKNESSES TO	AXIAL DIMENSIONS ZMC	AXIAL DIMENSIONS ZTC	AXIAL DIMENSIONS ZOC	CONE ANGLE
TIP	0.020	0.059	0.020	0.421	0.560	0.893	-2.181
1	0.020	0.061	0.020	0.432	0.561	0.922	-5.794
2	0.020	0.066	0.020	0.449	0.563	0.951	-4.776
3	0.020	0.083	0.020	0.509	0.551	1.069	0.842
4	0.020	0.092	0.020	0.538	0.535	1.132	4.083
5	0.020	0.094	0.020	0.545	0.530	1.148	4.922
6	0.020	0.096	0.020	0.552	0.524	1.165	5.771
7	0.020	0.099	0.020	0.560	0.518	1.181	6.638
8	0.020	0.101	0.020	0.567	0.512	1.197	7.520
9	0.020	0.120	0.020	0.624	0.445	1.328	15.492
10	0.020	0.142	0.020	0.669	0.351	1.438	26.702
11	0.020	0.148	0.020	0.676	0.324	1.459	30.363
HUB	0.020	0.153	0.020	0.680	0.302	1.477	31.686

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1,65
débit massique	[kg/s]	29,6
vitesse en tête	[m/s]	419
solidité en tête	[-]	1,3
allongement	[-]	2,5
nombre d'aubes	[-]	47
vitesse de rotation nominale ω_n	[rad/s]	1675,51

Propriétés matériau

Le matériau original du rotor 7 n'est pas défini dans le rapport de la NASA. Un acier maraging de grade 200 est considéré:

	unité	valeurs
alliage	[-]	18-Ni-200-maraging
module d'Young	[GPa]	180
masse volumique	[kg/m3]	8000
coefficient de Poisson	[-]	0,3
limite élastique	[GPa]	1,38

Modèle CAO

Le modèle CAO est obtenu avec OpenMCAD[2].

intrados

extrados

Fréquences propres

Fréquences des trois premiers modes (noeuds du pied d'aube encastrés) pour le maillage obtenu avec OpenMCAD[2] :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	1640,16	261,04
2	2F	6277,38	999,08
3	1T	8061,01	1282,95

Diagramme de Campbell

Évolution des fréquences propres des 3 premiers modes, en fonction de la vitesse de rotation, pour le maillage obtenu avec OpenMCAD[2]:

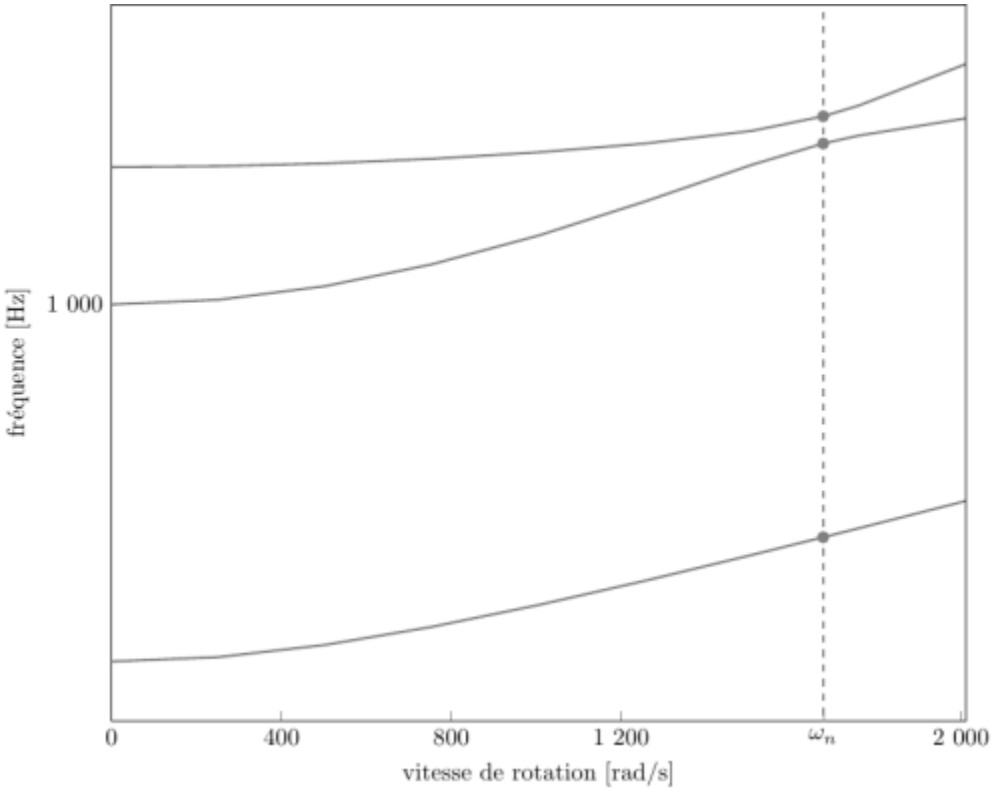


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale ω_n = 1 675,51 rad/s)

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

Aube initiale

L'**aube initiale** est définie par des paramètres spécifiques au LAVA[4] 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	1643,54	261,58
2	2F	6284,69	1000,24
3	1T	8065,98	1283,74

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	1643,58	261,58
2	2F	6287,27	1000,65

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
3	1T	8067,92	1284,05

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:

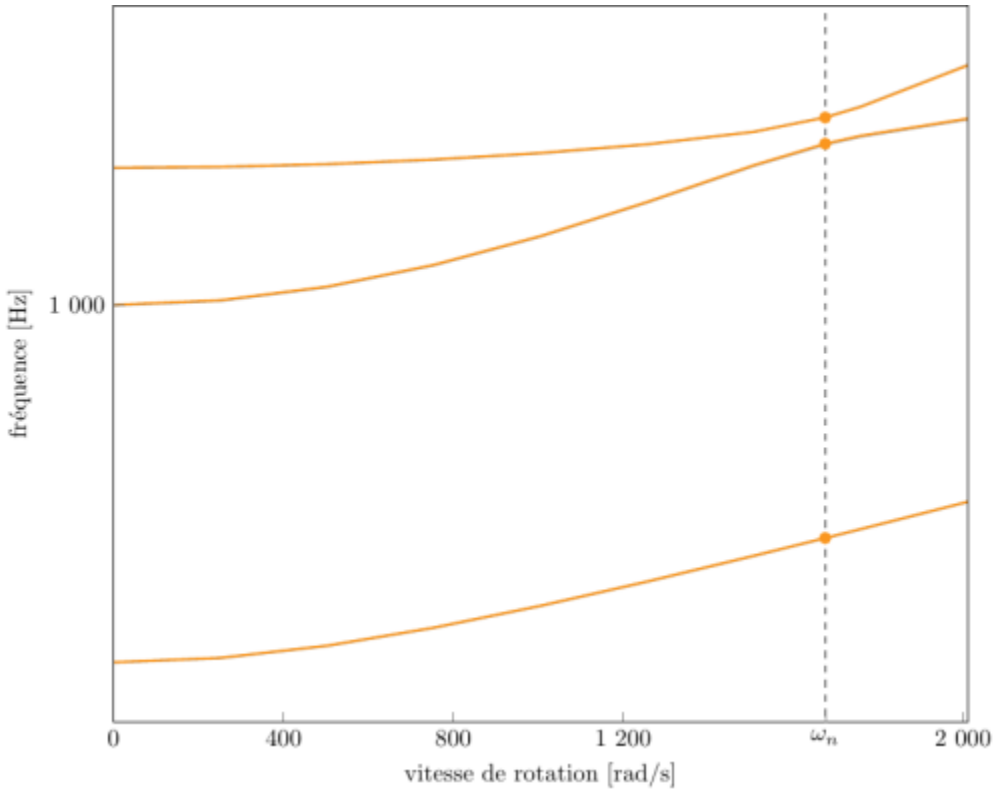


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale ω_n = 1 675,51 rad/s),

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

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

---

1. [a, b, c, d] Urasek D. C, Janetzke D. C. «Performance of tandem-bladed transonic compressor rotor with tip speed of 1375 feet per second » 1972. pdf
2. [a, b, c, d, e, f, g, h, i, j] Kojtych S., Batailly A. «OpenMCAD, an open blade generator: from Multiple-Circular-Arc profiles to Computer-Aided Design model» 2022. open source code
3. [a, b] Crouse *et al*. «A computer program for composing compressor blading from simulated circular-arc elements on conical surfaces » 1969. NASA-TN-D-5437. pdf
4. [a, b] 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

Document issu de la page wiki:
https://lava-wiki.meca.polymtl.ca/public/modeles/rotor_07/accueil

Dernière mise à jour: **2024/08/05 15:48**