Rotor 15

- Français
- English

Downloadable files
×

Open access

Git project

About

Rotor 15 is a fan which was the first of a series of designs in support of NASA’s low-noise conventional aircraft engine program. The fan designed in this program have unconventional geometric and aerodynamic features because of noise considerations.

- Original technical report [(cite:gelder1974design>Gelder T. F, Lewis G. W. «Aerodynamic performance of 0.5-meter-diameter, 337-meter-per-second tip speed, 1.5-pressure-ratio, single-stage fan designed for low noise aircraft engines » 1974. pdf)]:

```
@TechReport{gelder1974design,
  author           = {Gelder, Thomas F. and Lewis, George W.},
  date             = {1974},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Aerodynamic performance of 0.5-meter-diameter, 337-
meter-per-second tip speed, 1.5-pressure-ratio, single-stage fan designed
for low noise aircraft engines},
  number           = {NASA-TN D-7836},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006695},
}
```

- Picture :

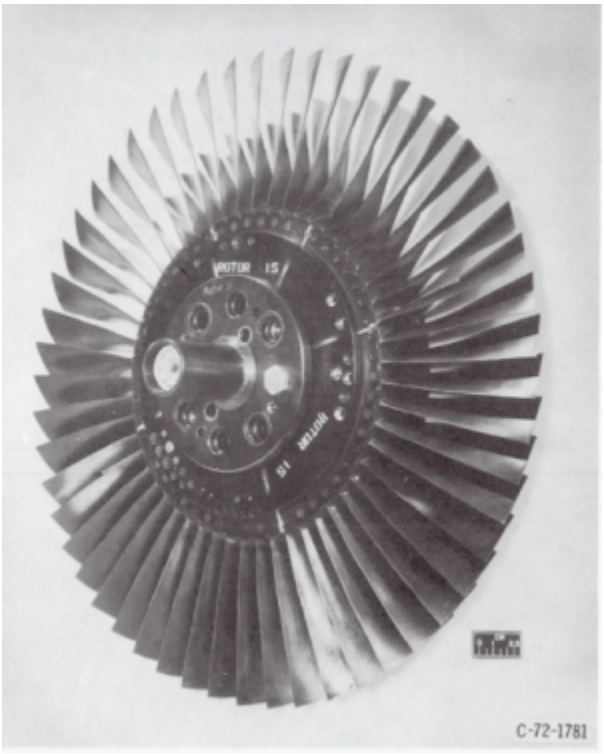


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006695 p.153

Useful documents

- downloadable models (Git project)
  - NASA technical report (.pdf)
  - geometrical parameters file (.csv), usable as input of OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes>)] 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:gelder1974design)]. Corresponding models are computed with the open-source code OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Geometry

The geometry of rotor 15 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 15

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	24.750	23.962	60.18	56.04	37.62	3.32	-20.375
1	5.	24.132	23.424	58.16	53.63	37.89	3.37	-17.428
2	10.	23.510	22.886	56.33	51.57	37.68	3.46	-14.752
3	15.	22.884	22.347	54.69	49.88	37.00	3.58	-12.262
4	30.	21.021	20.732	50.52	45.02	31.80	4.17	-5.998
5	50.	18.560	18.579	45.41	38.87	20.63	5.49	0.349
6	70.	16.075	16.425	39.39	32.45	4.28	7.78	5.833
7	85.	14.192	14.810	33.67	27.61	-11.12	10.32	9.632
8	90.	13.573	14.272	31.22	26.10	-16.53	11.60	10.738
9	95.	12.960	13.734	28.47	24.63	-22.01	13.13	11.756
HUB	100.	12.352	13.195	25.42	23.22	-27.59	14.88	12.727

RP	BLADE THICKNESSES TI	TM	TO	AXIAL DIMENSIONS ZIC	ZMC	ZTC	ZOC
TIP	0.036	0.143	0.032	0.711	1.655	1.926	2.831
1	0.036	0.145	0.031	0.666	1.683	1.914	2.920
2	0.037	0.147	0.032	0.620	1.700	1.886	2.990
3	0.038	0.151	0.032	0.573	1.706	1.841	3.042
4	0.042	0.167	0.034	0.448	1.673	1.674	3.196
5	0.050	0.199	0.038	0.313	1.624	1.408	3.407
6	0.062	0.246	0.045	0.203	1.625	1.114	3.638
7	0.074	0.295	0.052	0.082	1.631	0.825	3.723
8	0.079	0.315	0.055	0.048	1.637	0.731	3.734
9	0.084	0.337	0.058	0.022	1.648	0.641	3.738
HUB	0.090	0.360	0.061	0.000	1.664	0.554	3.734

Aerodynamic design

	unit	value
pressure ratio	[-]	1.5
mass flow	[kg/s]	29.16
tip speed	[m/s]	337
tip solidity	[-]	1.344
aspect ratio	[-]	3
number of blades	[-]	53
nominal rotation speed ω_n	[rad/s]	1363.45

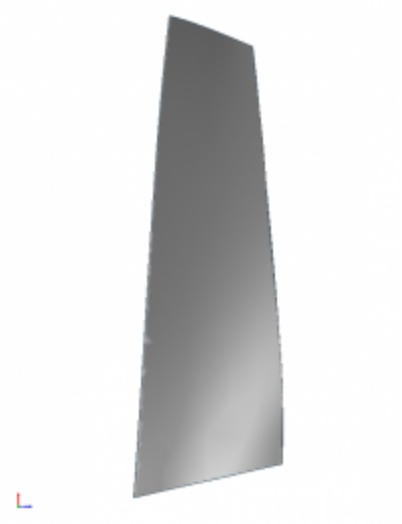
Material properties

> The original material of the rotor 15 is defined in the NASA report as 200 maraging steel. However, a generic titanium Ti-6Al-4V is considered for the models available in the catalogue.

	unit	value
alloy	[-]	Ti-6Al-4V
Young's modulus	[GPa]	108
density	[kg/m3]	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

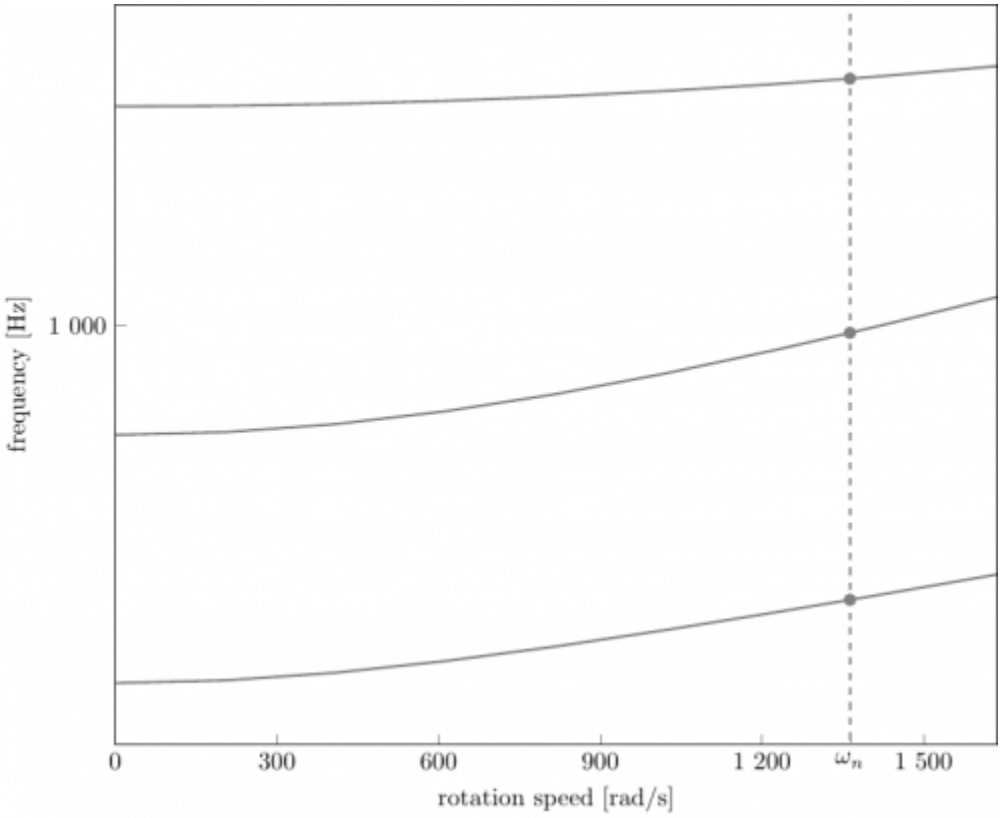
Natural frequencies

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	1547.59	246.31
2	2B	4839.27	770.19
3	1T	9194.69	1463.38

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 ω_n = 1 363.45 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	1527.69	243.14
2	2B	4863.10	773.99
3	1T	9105.65	1449.21

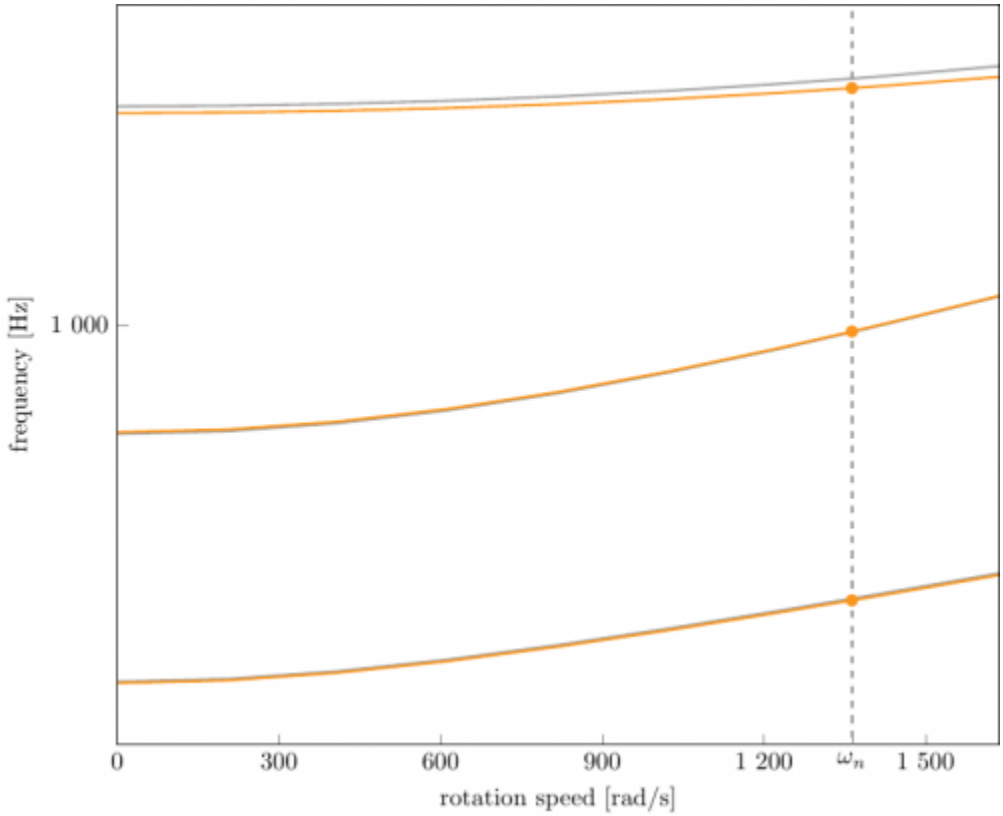
- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	1527.74	243.15

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
2	2B	4863.79	774.10
3	1T	9109.93	1449.89

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 = 1 363.45 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 15 est une soufflante, la première d'une série de la NASA consacrée au développement de des moteurs d'avion conventionnels à faible bruit. Les soufflantes conçus dans le cadre de ce programme présentent des caractéristiques géométriques et aérodynamiques non conventionnelles pour des raisons de réduction du bruit.

- Rapport technique original [(cite:gelder1974design>Gelder. «Aerodynamic performance of 0.5-meter-diameter, 337-meter-per-second tip speed, 1.5-pressure-ratio, single-stage fan designed for low noise aircraft engines » 1974. pdf)]:

```
@TechReport{gelder1974design,
  author           = {Gelder, Thomas F. and Lewis, George W.},
  date             = {1974},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Aerodynamic performance of 0.5-meter-diameter, 337-
meter-per-second tip speed, 1.5-pressure-ratio, single-stage fan designed
for low noise aircraft engines},
  number           = {NASA-TN D-7836},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006695},
}
```

- Photographie :

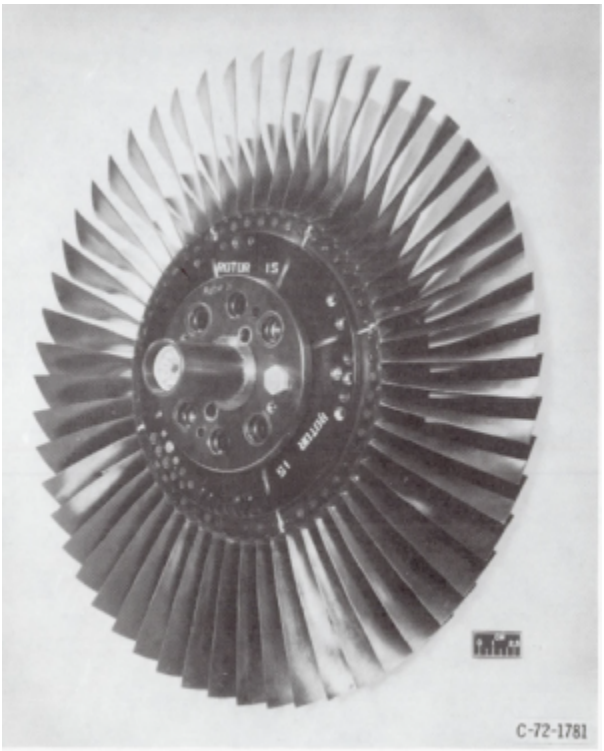


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006695 p.153

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>Kojtych S., Batailly A. «OpenMCAD, an open blade generator: from Multiple-Circular-Arc profiles to Computer-Aided Design model» 2022. open source code)] 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:gelder1974design)]. Les modèles associés sont obtenus avec le code en libre accès OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Géométrie

La géométrie du rotor 15 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 15

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	24.750	23.962	60.18	56.04	37.62	3.32	-20.375
1	5.	24.132	23.424	58.16	53.63	37.89	3.37	-17.428
2	10.	23.510	22.886	56.33	51.57	37.68	3.46	-14.752
3	15.	22.884	22.347	54.69	49.88	37.00	3.58	-12.262
4	30.	21.021	20.732	50.52	45.02	31.80	4.17	-5.998
5	50.	18.560	18.579	45.41	38.87	20.63	5.49	0.349
6	70.	16.075	16.425	39.39	32.45	4.28	7.78	5.833
7	85.	14.192	14.810	33.67	27.61	-11.12	10.32	9.632
8	90.	13.573	14.272	31.22	26.10	-16.53	11.60	10.738
9	95.	12.960	13.734	28.47	24.63	-22.01	13.13	11.756
HUB	100.	12.352	13.195	25.42	23.22	-27.59	14.88	12.727

RP	BLADE THICKNESSES TI	TM	TO	AXIAL DIMENSIONS ZIC	ZMC	ZTC	ZOC
TIP	0.036	0.143	0.032	0.711	1.655	1.926	2.831
1	0.036	0.145	0.031	0.666	1.683	1.914	2.920
2	0.037	0.147	0.032	0.620	1.700	1.886	2.990
3	0.038	0.151	0.032	0.573	1.706	1.841	3.042
4	0.042	0.167	0.034	0.448	1.673	1.674	3.196
5	0.050	0.199	0.038	0.313	1.624	1.408	3.407
6	0.062	0.246	0.045	0.203	1.625	1.114	3.638
7	0.074	0.295	0.052	0.082	1.631	0.825	3.723
8	0.079	0.315	0.055	0.048	1.637	0.731	3.734
9	0.084	0.337	0.058	0.022	1.648	0.641	3.738
HUB	0.090	0.360	0.061	0.000	1.664	0.554	3.734

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1,5
débit massique	[kg/s]	29,16
vitesse en tête	[m/s]	337
solidité en tête	[-]	1,344
allongement	[-]	3
nombre d'aubes	[-]	53
vitesse de rotation nominale ω_n	[rad/s]	1363,45

Propriétés matériau

> Le matériau original du rotor 15 est défini dans le rapport de la NASA par l'alliage 200 maraging steel. Toutefois, l'alliage de titane Ti-6Al-4v décrit ci-dessous est considéré pour les modèles mis à disposition.

	unité	valeurs
alliage	[-]	Ti-6Al-4v
module d'Young	[GPa]	108
masse volumique	[kg/m3]	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 encastrés) pour le maillage obtenu avec OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)] :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	1547,59	246,31
2	2F	4839,27	770,19
3	1T	9194,69	1463,38

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)]:

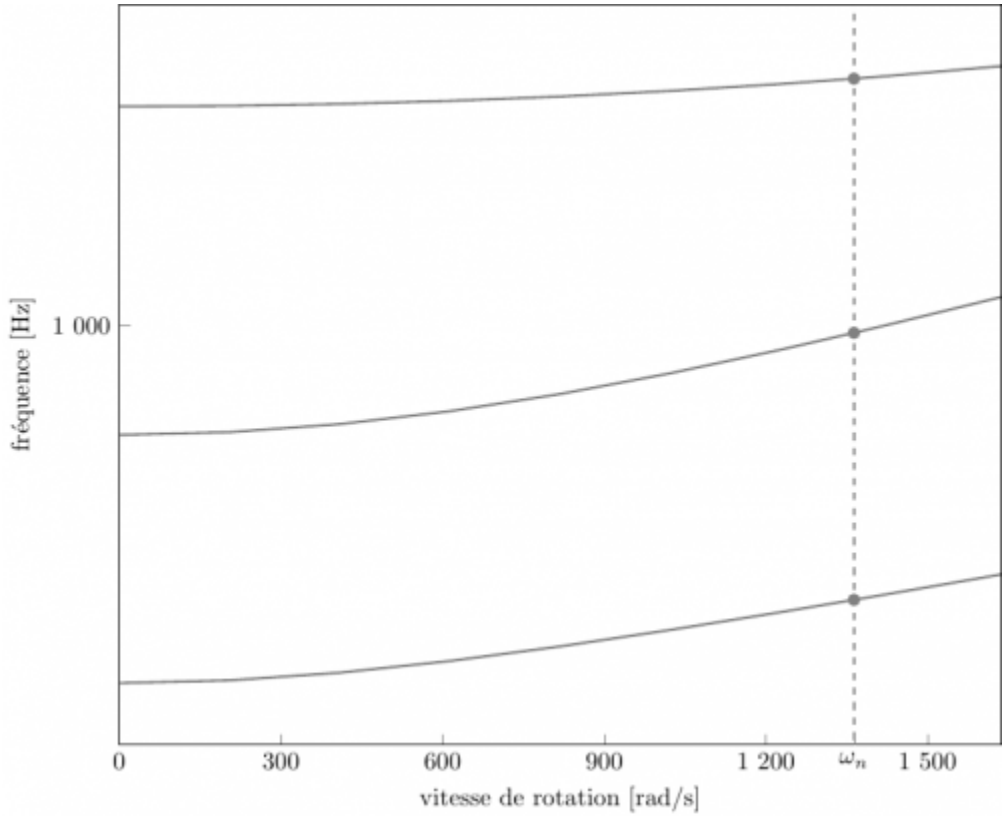


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale ω_n = 1 363,45 rad/s)

- 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	1527,69	243,14
2	2F	4863,10	773,99
3	1T	9105,65	1449,21

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	1527,74	243,15
2	2F	4863,79	774,10
3	1T	9109,93	1449,89

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:

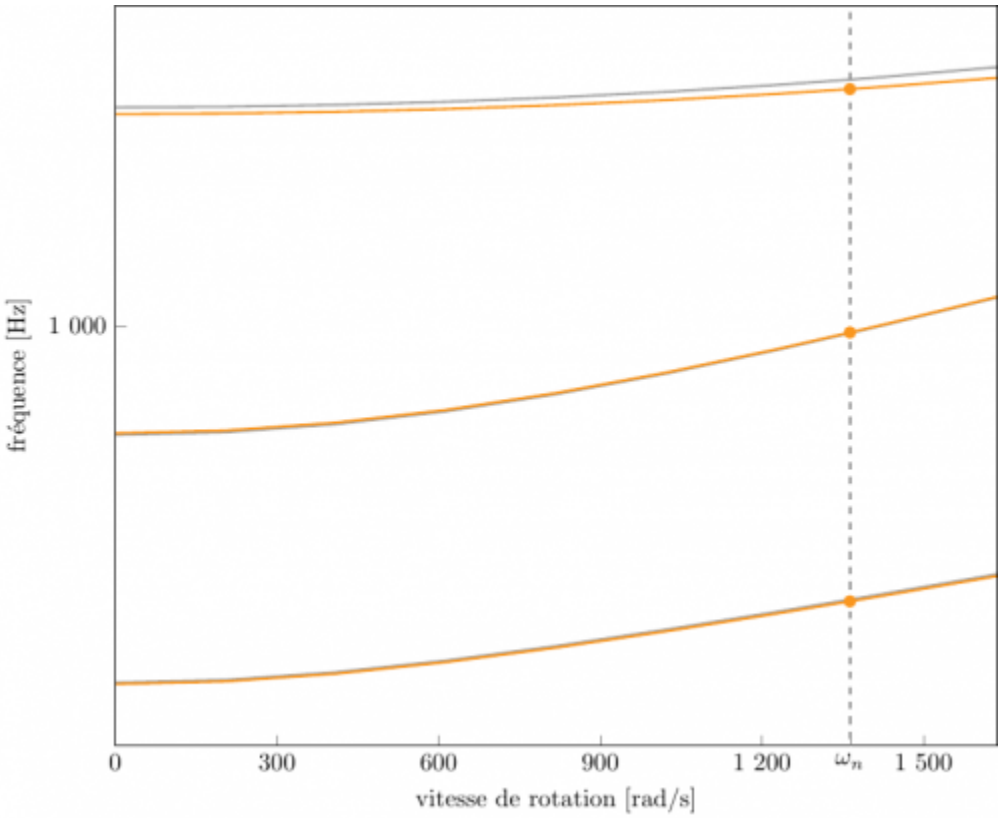


diagramme de Campbell calculé avec une précharge centrifuge linéaire, noeuds du pied d'aube encastrés (vitesse nominale ω_n = 1 363,45 rad/s),

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

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

Document issu de la page wiki:
https://wiki.lava.polymtl.ca/public/modeles/rotor_15/accueil

Dernière mise à jour: **2024/08/06 16:52**