Rotor 14

- Français
- English

Downloadable files
×

Open access

Git project

Original model

Rotor 14 is part of a research program to study the effects of blade row solidity on efficiency and stall margin of an axial-flow compressor rotor. It is one of a series of rotors designed to further study the effects of solidity : rotor 8 with a tip solidity of 1.5, rotor 12 with a tip solidity of 1.7 and rotor 14 with a tip solidity of 1.3. Tip solidity are being changed by varying the number of blades while maintaining the same velocity diagrams and flow path. These stages were designed such that the tip solidity of both the rotor and stator blades are the same.

- Original technical report [(cite:moore1972design>Moore. «Performance of a single-stage transonic compressor with a blade-tip solidity of 1.3 » 1972. pdf)]:

```
@TechReport{moore1972design,
  author           = {Moore, R. D. and Urasek, Donald C. and Osborn,
Walter M.},
  date             = {1972},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of a single-stage transonic compressor
with a blade-tip solidity of 1.3},
  number           = {NASA-TM X-2645},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19730002275},
}
```

- Picture :

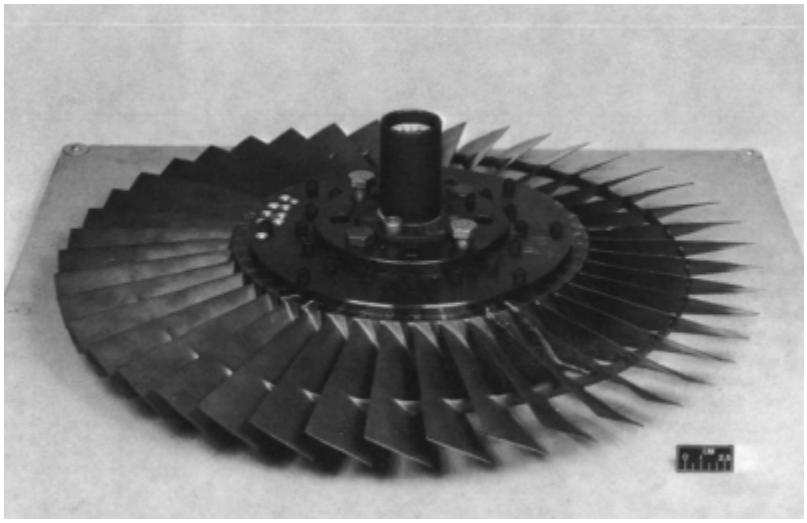


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19730002275 p.62

Useful documents

- downloadable models (Git project)
- PDF of the NASA report :

  rotor14.pdf
- CSV file of the blade geometry :

  rotor14_original.csv

Geometry

The geometry of rotor 14 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 14

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	25.082	24.701	62.89	61.15	50.70	2.49	-9.441
1	5.	24.562	24.193	61.63	60.18	50.30	2.73	-8.828
2	10.	24.016	23.685	60.36	59.00	49.68	2.99	-7.638
3	30.	21.752	21.653	55.88	53.60	45.06	4.07	-1.988
4	43.	20.289	20.383	53.42	50.38	40.63	4.75	1.770
5	45.	19.991	20.129	52.94	49.75	39.58	4.89	2.540
6	48.	19.692	19.875	52.47	49.11	38.44	5.03	3.321
7	50.	19.391	19.621	52.01	48.47	37.24	5.16	4.108
8	53.	19.088	19.367	51.55	47.82	35.98	5.30	4.900
9	70.	16.900	17.589	48.44	43.56	24.97	6.21	10.840
10	90.	14.191	15.557	45.34	40.14	5.19	7.09	18.729
11	95.	13.464	15.049	44.72	39.86	-1.71	7.24	20.942
HUB	100.	12.700	14.541	44.16	39.81	-9.35	7.37	23.380

RP	BLADE THICKNESSES TI	BLADE THICKNESSES TM	BLADE THICKNESSES TO	AXIAL DIMENSIONS ZIC	AXIAL DIMENSIONS ZMC	AXIAL DIMENSIONS ZTC	AXIAL DIMENSIONS ZOC
TIP	0.051	0.152	0.051	1.000	2.071	2.484	3.291
1	0.051	0.162	0.051	0.955	2.071	2.451	3.329
2	0.051	0.172	0.051	0.907	2.069	2.412	3.371
3	0.051	0.216	0.051	0.715	2.054	2.209	3.556
4	0.051	0.244	0.051	0.605	2.042	2.047	3.673
5	0.051	0.250	0.051	0.583	2.039	2.012	3.698
6	0.051	0.256	0.051	0.561	2.036	1.975	3.722
7	0.051	0.262	0.051	0.539	2.032	1.937	3.748
8	0.051	0.267	0.051	0.517	2.029	1.898	3.773
9	0.051	0.309	0.051	0.357	1.999	1.593	3.958
10	0.051	0.359	0.051	0.141	1.944	1.168	4.171
11	0.051	0.373	0.051	0.075	1.923	1.044	4.217
HUB	0.051	0.387	0.051	0.000	1.899	0.909	4.259

Aerodynamic design

	unit	values
pressure ratio	[-]	1.75
mass flow	[kg/s]	29.5
tip speed	[m/s]	423
tip solidity	[-]	1.3
aspect ratio	[-]	2.4
number of blades	[-]	43
rotative speed	[rad/s]	1686

Material properties

The original material of the rotor 14 is not defined in the NASA report.

Considered properties: 200-grade maraging steel :

	unité	valeurs
alloy	[-]	18-Ni-200-maraging
Young's modulus	[GPa]	180
density	[kg/m3]	8000
Poisson's ratio	[-]	0.3
yield stress	[GPa]	1.38

First three natural frequencies (with clamped root) for the mesh:

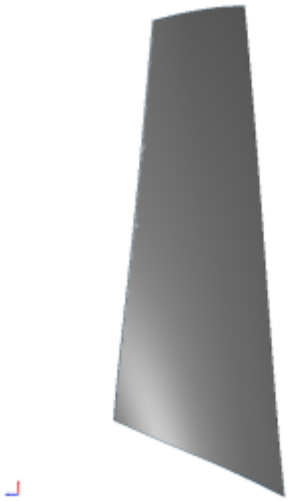
1. (1B): 1774.5 rad/s / 282.4 Hz
2. (2B): 6400.5 rad/s / 1018.7 Hz
3. (1T): 8811.3 rad/s / 1402.3 Hz

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	1018.5	162.1
2	1T	3542.5	563.8

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
3	2B	6094.7	970.0

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	1019.1	162.2
2	1T	3539.3	563.3
3	2B	6074.0	966.7

- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	1019.1	162.2
2	1T	3540.8	563.5
3	2B	6075.8	967.0

Fichiers téléchargeables
×

Libre accès

lien vers le projet Git

Modèle original

Le rotor 14 fait partie d'un programme de recherche visant à étudier les effets de la solidité des rangées d'aubes sur l'efficacité et la marge de décrochage d'un rotor de compresseur à flux axial. Il fait partie d'une série de rotors conçus pour étudier plus profondément les effets de la solidité : le rotor 8 avec une solidité en tête de 1.5, le rotor 12 avec une solidité en tête de 1.7 et le rotor 14 avec une solidité en tête de 1.3. La solidité est modifiée en faisant varier le nombre d'aubes tout en conservant les mêmes triangles de vitesse et le même trajet d'écoulement. Ces étages ont été conçus de manière à ce que la solidité en tête du rotor et du stator soit la même.

- Rapport technique original [(cite:moore1972design>Moore. «Performance of a single-stage transonic compressor with a blade-tip solidity of 1.3 » 1972. pdf)]:

```
@TechReport{moore1972design,
  author           = {Moore, R. D. and Urasek, Donald C. and Osborn,
```

```
Walter M.},
  date             = {1972},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of a single-stage transonic compressor
with a blade-tip solidity of 1.3},
  number           = {NASA-TM X-2645},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19730002275},
}
```

- Photographie :

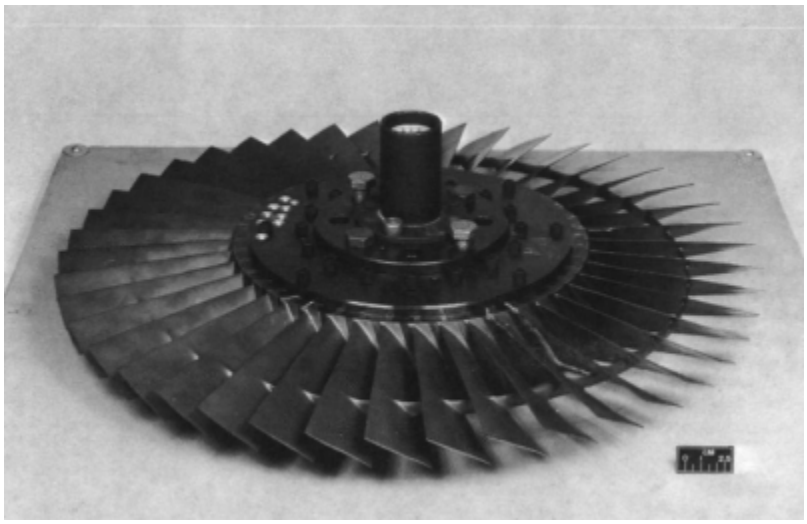


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19730002275 p.62

Documents utiles

- modèles téléchargeables (lien vers projet Git)
- PDF du rapport de la NASA :

  rotor14.pdf
- Fichier CSV de la géométrie :

  rotor14_original.csv

Géométrie

La géométrie du rotor 14 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 14

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	25.082	24.701	62.89	61.15	50.70	2.49	-9.441
1	5.	24.562	24.193	61.63	60.18	50.30	2.73	-8.828
2	10.	24.016	23.685	60.36	59.00	49.68	2.99	-7.638
3	30.	21.752	21.653	55.88	53.60	45.06	4.07	-1.988
4	43.	20.289	20.383	53.42	50.38	40.63	4.75	1.770
5	45.	19.991	20.129	52.94	49.75	39.58	4.89	2.540
6	48.	19.692	19.875	52.47	49.11	38.44	5.03	3.321
7	50.	19.391	19.621	52.01	48.47	37.24	5.16	4.108
8	53.	19.088	19.367	51.55	47.82	35.98	5.30	4.900
9	70.	16.900	17.589	48.44	43.56	24.97	6.21	10.840
10	90.	14.191	15.557	45.34	40.14	5.19	7.09	18.729
11	95.	13.464	15.049	44.72	39.86	-1.71	7.24	20.942
HUB	100.	12.700	14.541	44.16	39.81	-9.35	7.37	23.380

RP	BLADE THICKNESSES TI	BLADE THICKNESSES TM	BLADE THICKNESSES TO	AXIAL DIMENSIONS ZIC	AXIAL DIMENSIONS ZMC	AXIAL DIMENSIONS ZTC	AXIAL DIMENSIONS ZOC
TIP	0.051	0.152	0.051	1.000	2.071	2.484	3.291
1	0.051	0.162	0.051	0.955	2.071	2.451	3.329
2	0.051	0.172	0.051	0.907	2.069	2.412	3.371
3	0.051	0.216	0.051	0.715	2.054	2.209	3.556
4	0.051	0.244	0.051	0.605	2.042	2.047	3.673
5	0.051	0.250	0.051	0.583	2.039	2.012	3.698
6	0.051	0.256	0.051	0.561	2.036	1.975	3.722
7	0.051	0.262	0.051	0.539	2.032	1.937	3.748
8	0.051	0.267	0.051	0.517	2.029	1.898	3.773
9	0.051	0.309	0.051	0.357	1.999	1.593	3.958
10	0.051	0.359	0.051	0.141	1.944	1.168	4.171
11	0.051	0.373	0.051	0.075	1.923	1.044	4.217
HUB	0.051	0.387	0.051	0.000	1.899	0.909	4.259

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1,75
débit massique	[kg/s]	29,5
vitesse en tête	[m/s]	423
solidité en tête	[-]	1,3
allongement	[-]	2,4
nombre d'aubes	[-]	43
vitesse de rotation	[rad/s]	1686

Propriétés matériau

Le matériau original du rotor 14 n'est pas défini dans le rapport de la NASA.

Propriétés considérées : un acier maraging de grade 200 :

	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

Fréquences des trois premiers modes (noeuds de la base encastrés) pour le maillage :

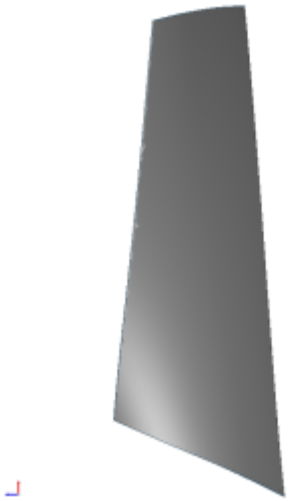
1. (1B): 1774,5 rad/s / 282,4 Hz
2. (2B): 6400,5 rad/s / 1018,7 Hz
3. (1T): 8811,3 rad/s / 1402,3 Hz

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		1739.36	276.827
2		6240.69	993.237

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
3		8434.99	1342.47

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		1739.44	276.841
2		6259.56	996.24
3		8425.56	1340.97

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1		1739.51	276.851
2		6261.91	996.614
3		8428.64	1341.46

</tabs>

Document issu de la page wiki:
https://wiki.lava.polymtl.ca/public/modeles/rotor_14/accueil?rev=1677045785

Dernière mise à jour: **2023/04/05 08:59**