Rotor 51B

- Français
- English

Downloadable files
×

Open access

Git project

Original model

Rotor 51B is part of a research program to study fan stages suitable for use in engines for quiet powered lift aircraft. Experimental studies have been conducted on fan stages suitable for use in engines for quiet powered lift aircraft using the externally blown flap. The externally blown flap aircraft requires a large flow of low velocity air for effective lift and low noise during take-off and landing. To meet the low noise requirement, the fans will be required to have low tip speed and low-pressure ratio. The pressure ratios of interest in the program range from 1.15 to 1.4. Rotor 51B has a pressure ratio of 1.15 and is the redesign of rotor 51A.

- Original technical report [(cite:kovich1976design>Kovich. «Performance of a low-pressure-ratio low-tip-speed fan stage with blade tip solidity of 0.65 » 1976. pdf)]:

```
@TechReport{kovich1976design,
  author           = {Kovich, George and Steinke, Ronald J.},
  date             = {1976},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of a low-pressure-ratio low-tip-speed
fan stage with blade tip solidity of 0.65},
  number           = {NASA-TM X-3341},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19760009985},
}
```

- Picture :

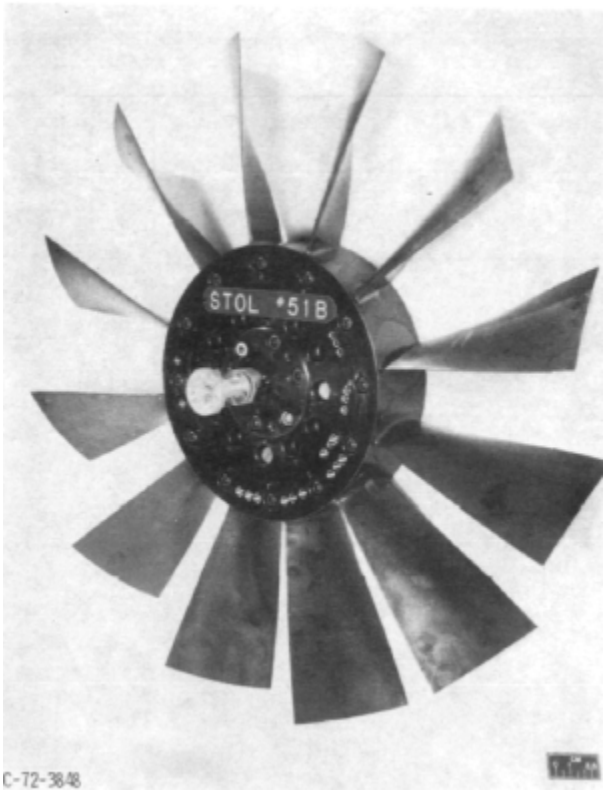


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19760009985 p.65

Useful documents

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

  rotor51b.pdf
- CSV file of the blade geometry :

  rotor51b_original.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. code en libre accès)] 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:kovich1976design)]. Corresponding models are computed with the open-source code OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Geometry

The geometry of rotor 51B 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 51B

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	25.400	25.400	56.30	49.79	43.33	4.58	0.057
1	5.	24.647	24.638	55.42	48.81	42.20	4.66	-0.093
2	10.	23.868	23.876	54.45	47.61	40.77	4.88	0.082
3	15.	23.085	23.114	53.40	46.18	38.96	5.25	0.290
4	30.	20.732	20.828	49.93	41.12	32.31	7.07	0.959
5	50.	17.607	17.780	44.49	32.84	21.19	10.36	1.698
6	70.	14.533	14.732	38.37	23.30	8.20	13.41	1.993
7	85.	12.294	12.446	33.12	16.79	0.44	14.90	1.590
8	90.	11.565	11.684	31.20	15.12	-0.99	15.19	1.273
9	95.	10.844	10.922	29.21	13.68	-1.88	15.39	0.853
HUB	100.	10.160	10.160	27.30	12.33	-2.70	15.56	0.057

RP	BLADE THICKNESSES TI	BLADE THICKNESSES TM	BLADE THICKNESSES TO	AXIAL DIMENSIONS ZI	AXIAL DIMENSIONS ZMC	AXIAL DIMENSIONS ZTC	AXIAL DIMENSIONS ZO
TIP	0.086	0.429	0.086	-0.155	2.460	2.460	5.445
1	0.083	0.430	0.083	-0.157	2.461	2.461	5.443
2	0.086	0.441	0.086	-0.165	2.461	2.461	5.450
3	0.098	0.464	0.098	-0.181	2.460	2.460	5.467
4	0.121	0.584	0.121	-0.232	2.455	2.455	5.521
5	0.159	0.779	0.157	-0.271	2.455	2.455	5.556
6	0.189	0.923	0.177	-0.241	2.466	2.466	5.490
7	0.186	0.944	0.187	-0.148	2.479	2.479	5.339
8	0.184	0.933	0.186	-0.103	2.483	2.483	5.271
9	0.182	0.914	0.183	-0.051	2.486	2.486	5.194
HUB	0.179	0.896	0.179	0.	2.490	2.490	5.116

Aerodynamic design

	unit	values
pressure ratio	[-]	1.15
mass flow	[kg/s]	29.9
tip speed	[m/s]	243.8
tip solidity	[-]	0.65
aspect ratio	[-]	2.9
number of blades	[-]	12
rotative speed	[rad/s]	960

Material properties

The original material of the rotor 51B is not defined in the NASA report.

Considered properties: Ti-6Al-4V, generic titanium :

	unité	valeurs
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	2056.15	327.246
2	2B	7052.94	1122.51
3	1T	8761.21	1394.39

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	2037.23	324.236
2	2B	7025.54	1118.15
3	1T	8711.76	1386.52

- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	2037.31	324.248
2	2B	7028.81	1118.67
3	1T	8714.90	1387.02

Fichiers téléchargeables
×

Libre accès

lien vers le projet Git

Modèle original

Le rotor 51B fait partie d'un programme de recherche visant à étudier les étages de soufflante susceptibles d'être utilisés dans des moteurs d'avions plus silencieux. Des études expérimentales ont été menées sur des étages de soufflante utilisant un volet à soufflage externe. L'utilisation de tel volets nécessite un grand débit d'air à faible vitesse pour une portance efficace et un faible niveau de bruit au décollage et à l'atterrissage. Pour répondre à cette exigence de faible bruit, les soufflantes devront avoir une faible vitesse en tête et un faible taux de compression. Les taux de compression d'intérêt dans le programme varient de 1,15 à 1,4. Le rotor 51B possède un taux de compression de 1,15 et correspond à la nouvelle conception du rotor 51A.

- Rapport technique original [(cite:kovich1976design>Kovich. «Performance of a low-pressure-ratio low-tip-speed fan stage with blade tip solidity of 0.65 » 1976. pdf)]:

```
@TechReport{kovich1976design,
  author           = {Kovich, George and Steinke, Ronald J.},
  date             = {1976},
  institution      = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title            = {Performance of a low-pressure-ratio low-tip-speed
fan stage with blade tip solidity of 0.65},
```

```
  number           = {NASA-TM X-3341},
  url              = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19760009985},
}
```

- Photographie :

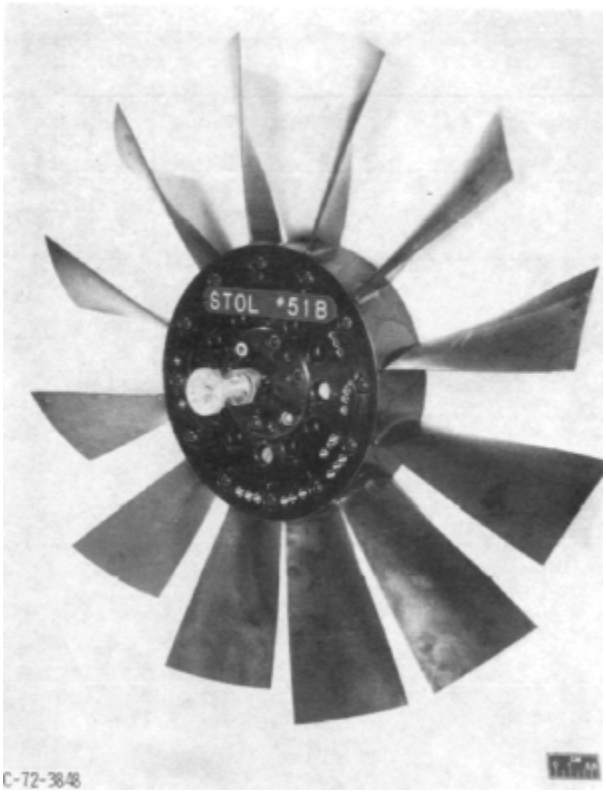


Fig1. https://ntrs.nasa.gov/citations/19760009985 p.65

Documents utiles

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

  rotor51b.pdf
- Fichier CSV de la géométrie :

  rotor51b_original.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. code en libre accès)] 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:kovich1976design)]. Les modèles associés sont obtenus avec le code en libre accès OpenMCAD[(cite:Kojtych_2022_gene_aubes)].

Géométrie

La géométrie du rotor 51B 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 51B

RP	PERCENT SPAN	RADII RI	RADII RO	BLADE ANGLES KIC	BLADE ANGLES KTC	BLADE ANGLES KOC	DELTA INC	CONE ANGLE
TIP	0.	25.400	25.400	56.30	49.79	43.33	4.58	0.057
1	5.	24.647	24.638	55.42	48.81	42.20	4.66	-0.093
2	10.	23.868	23.876	54.45	47.61	40.77	4.88	0.082
3	15.	23.085	23.114	53.40	46.18	38.96	5.25	0.290
4	30.	20.732	20.828	49.93	41.12	32.31	7.07	0.959
5	50.	17.607	17.780	44.49	32.84	21.19	10.36	1.698
6	70.	14.533	14.732	38.37	23.30	8.20	13.41	1.993
7	85.	12.294	12.446	33.12	16.79	0.44	14.90	1.590
8	90.	11.565	11.684	31.20	15.12	-0.99	15.19	1.273
9	95.	10.844	10.922	29.21	13.68	-1.88	15.39	0.853
HUB	100.	10.160	10.160	27.30	12.33	-2.70	15.56	0.057

RP	BLADE THICKNESSES TI	BLADE THICKNESSES TM	BLADE THICKNESSES TO	AXIAL DIMENSIONS ZI	AXIAL DIMENSIONS ZMC	AXIAL DIMENSIONS ZTC	AXIAL DIMENSIONS ZO
TIP	0.086	0.429	0.086	-0.155	2.460	2.460	5.445
1	0.083	0.430	0.083	-0.157	2.461	2.461	5.443
2	0.086	0.441	0.086	-0.165	2.461	2.461	5.450
3	0.098	0.464	0.098	-0.181	2.460	2.460	5.467
4	0.121	0.584	0.121	-0.232	2.455	2.455	5.521
5	0.159	0.779	0.157	-0.271	2.455	2.455	5.556
6	0.189	0.923	0.177	-0.241	2.466	2.466	5.490
7	0.186	0.944	0.187	-0.148	2.479	2.479	5.339
8	0.184	0.933	0.186	-0.103	2.483	2.483	5.271
9	0.182	0.914	0.183	-0.051	2.486	2.486	5.194
HUB	0.179	0.896	0.179	0.	2.490	2.490	5.116

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1,15
débit massique	[kg/s]	29,9
vitesse en tête	[m/s]	243,8
solidité en tête	[-]	0,65
allongement	[-]	2,9
nombre d'aubes	[-]	12
vitesse de rotation	[rad/s]	960

Propriétés matériau

Le matériau original du rotor 51B n'est pas défini dans le rapport de la NASA.

Propriétés considérées : alliage de titane Ti-6Al-4v :

	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	1B	2056,15	327,246
2	2B	7052,94	1122,51
3	1T	8761,21	1394,39

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	1B	2037,23	324,236
2	2B	7025,54	1118,15
3	1T	8711,76	1386,52

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1B	2037,31	324,248
2	2B	7028,81	1118,67
3	1T	8714,90	1387,02

</tabs>

Document issu de la page wiki:
https://wiki.lava.polymtl.ca/public/modeles/rotor_51b/accueil?rev=1677300068

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