

Rotor 51A

- [Français](#)
- [English](#)

Downloadable models

×

Open access

[Git project](#)

About

Rotor 51A is part of a research program designed to obtain experimental reference information for the selection of fans for propulsion systems for short-haul aircraft using the externally blown flap as the powered lift system. The rotor 51A is made of 12 blades and was designed for a tip-speed of 243.8 meters per second, a design efficiency of 0.863 and a pressure ratio of 1.15. However, experimental values are lower than expected design values (design efficiency: 0.836, pressure ratio: 1.111). The lower than design total pressure ratio was attributed to the failure to obtain the design energy input into the rotor.

- Original NASA technical report ^[1]:

```
@TechReport{osborn1974performance,
  author      = {Osborn, Walter Martin and Steinke, Ronald J},
  date        = {1974},
  institution = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
States},
  title       = {Performance of a 1.15-pressure-ratio Axial-flow Fan
Stage with a Blade Tip Solidity of 0.5},
  number      = {NASA-TM X-3052},
  url         = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256},
}
```

- Pictures :



Fig. 1 <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256> p.67

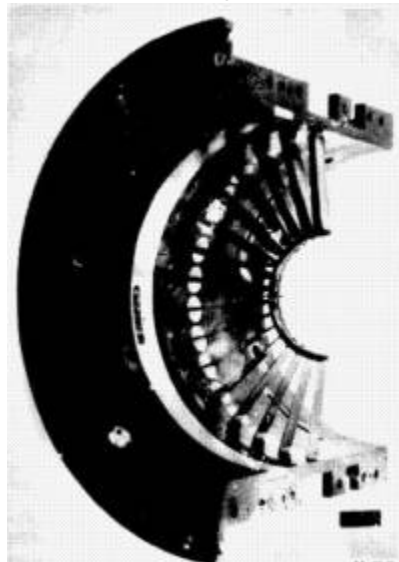


Fig. 2 <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256> p.67

Useful documents

- [downloadable models](#) (Git project)
 - NASA technical report (.pdf)
 - rotor51a_original.csv (.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 51A is described in the [original NASA report](#) by the following table. The lengths are in inches and the angles in degrees.

TABLE IV. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 51A

RD	PERCENT RADII		BLADE ANGLES			DELTA INC	CONE ANGLE
	SPAN	R1	R2	KIC	K1		
1.00	25.411	25.411	52.15	47.66	43.1	4.59	0.057
1.50	25.628	25.628	51.23	46.66	43.19	4.63	-0.130
2.00	25.845	25.845	50.30	45.66	43.27	4.66	0.057
2.50	26.062	26.062	49.36	44.66	43.36	4.70	0.258
3.00	26.279	26.279	48.43	43.66	43.44	4.73	0.459
3.50	26.496	26.496	47.49	42.66	43.53	4.77	0.660
4.00	26.713	26.713	46.56	41.66	43.61	4.80	0.861
4.50	26.930	26.930	45.62	40.66	43.70	4.84	1.062
5.00	27.147	27.147	44.69	39.66	43.78	4.87	1.263
5.50	27.364	27.364	43.75	38.66	43.87	4.91	1.464
6.00	27.581	27.581	42.82	37.66	43.95	4.94	1.665
6.50	27.798	27.798	41.88	36.66	44.04	4.98	1.866
7.00	28.015	28.015	40.95	35.66	44.12	5.01	2.067
7.50	28.232	28.232	40.01	34.66	44.21	5.05	2.268
8.00	28.449	28.449	39.08	33.66	44.29	5.08	2.469
8.50	28.666	28.666	38.14	32.66	44.38	5.12	2.670
9.00	28.883	28.883	37.21	31.66	44.46	5.15	2.871
9.50	29.100	29.100	36.27	30.66	44.55	5.19	3.072
10.00	29.317	29.317	35.34	29.66	44.63	5.22	3.273
10.50	29.534	29.534	34.40	28.66	44.72	5.26	3.474
11.00	29.751	29.751	33.47	27.66	44.80	5.29	3.675
11.50	29.968	29.968	32.53	26.66	44.89	5.33	3.876
12.00	30.185	30.185	31.60	25.66	44.97	5.36	4.077
12.50	30.402	30.402	30.66	24.66	45.06	5.40	4.278
13.00	30.619	30.619	29.73	23.66	45.14	5.43	4.479
13.50	30.836	30.836	28.79	22.66	45.23	5.47	4.680
14.00	31.053	31.053	27.86	21.66	45.31	5.50	4.881
14.50	31.270	31.270	26.92	20.66	45.40	5.54	5.082
15.00	31.487	31.487	26.00	19.66	45.48	5.57	5.283
15.50	31.704	31.704	25.06	18.66	45.57	5.61	5.484
16.00	31.921	31.921	24.13	17.66	45.65	5.64	5.685
16.50	32.138	32.138	23.19	16.66	45.74	5.68	5.886
17.00	32.355	32.355	22.26	15.66	45.82	5.71	6.087
17.50	32.572	32.572	21.32	14.66	45.91	5.75	6.288
18.00	32.789	32.789	20.39	13.66	46.00	5.78	6.489
18.50	33.006	33.006	19.45	12.66	46.08	5.82	6.690
19.00	33.223	33.223	18.52	11.66	46.17	5.85	6.891
19.50	33.440	33.440	17.58	10.66	46.25	5.89	7.092
20.00	33.657	33.657	16.65	9.66	46.34	5.92	7.293
20.50	33.874	33.874	15.71	8.66	46.42	5.96	7.494
21.00	34.091	34.091	14.78	7.66	46.51	5.99	7.695
21.50	34.308	34.308	13.84	6.66	46.60	6.03	7.896
22.00	34.525	34.525	12.91	5.66	46.68	6.06	8.097
22.50	34.742	34.742	11.97	4.66	46.77	6.10	8.298
23.00	34.959	34.959	11.04	3.66	46.85	6.13	8.499
23.50	35.176	35.176	10.10	2.66	46.94	6.17	8.700
24.00	35.393	35.393	9.17	1.66	47.02	6.20	8.901
24.50	35.610	35.610	8.23	0.66	47.11	6.24	9.102
25.00	35.827	35.827	7.30	-0.34	47.19	6.27	9.303

RD	BLADE THICKNESSES			AXIAL DIMENSIONS		
	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3
1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Aerodynamic design

	units	values
pressure ratio	[-]	1.111
mass flow	[kg/s]	30.27
tip speed	[m/s]	213,3
tip solidity	[-]	0.5
aspect ratio	[-]	3.08
rotative speed	[%]	90 to 120 % of design speed

Material properties

The material of rotor 51A is not defined in the original NASA report. A generic titanium Ti-6Al-4V is considered:

	units	values
alloy	[-]	Ti-6Al-4V
Young's modulus	[GPa]	108
density	[kg/m3]	4400

	units	values
Poisson's ratio	[-]	0.34
yield stress	[GPa]	0.824

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	2578.588	410.395
2	2B	8044.80	1280.37
3	1T	10763.98	1713.14

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	2560.66	407.541
2	2B	8009.99	1 274.83
3	1T	10726.52	1 707.18

- from the reduced order model:

Mode	Type	Natural angular frequency (rad/sec)	Natural frequency (Hz)
1	1B	2560.75	407.556
2	2B	8013.95	1275.46
3	1T	10729.8	1707.7

Modèles téléchargeables

×

Libre accès

[lien vers le projet Git](#)

À propos

Le rotor 51A fait partie d'un programme de recherche visant à obtenir des résultats expérimentaux de référence pour la sélection de soufflantes pour les avions court-courrier utilisant des volets à soufflage externe. Le rotor 51A possède 12 pales et a été conçu pour une vitesse de pointe de 243,8 mètres par seconde, un rendement de 0,863 et un taux de compression de 1,151 à vitesse nominale. Toutefois, les caractéristiques expérimentales effectivement mesurées sont inférieures (rendement de 0,836 et taux de compression de 1,111), en raison de l'impossibilité d'obtenir un apport d'énergie suffisant en entrée du rotor.

- Rapport technique original ^[1]:

```
@TechReport{osborn1974performance,
  author      = {Osborn, Walter Martin and Steinke, Ronald J},
  date       = {1974},
  institution = {NASA Lewis Research Center Cleveland, OH, United
```

```
States},  
  title      = {Performance of a 1.15-pressure-ratio Axial-flow Fan  
Stage with a Blade Tip Solidity of 0.5},  
  number    = {NASA-TM X-3052},  
  url       = {https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256},  
}
```

• Photographies :

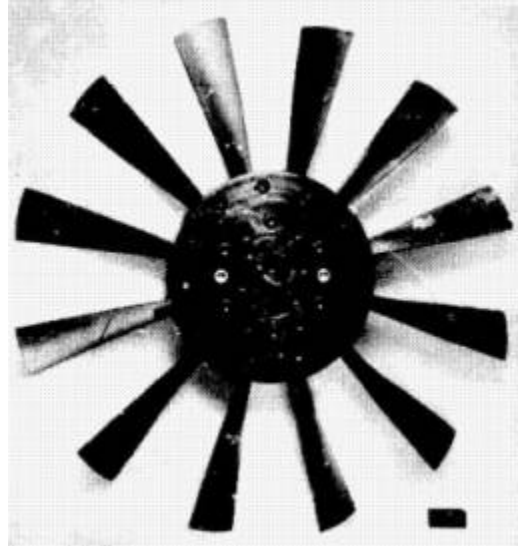


Fig. 1 <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256> p.67

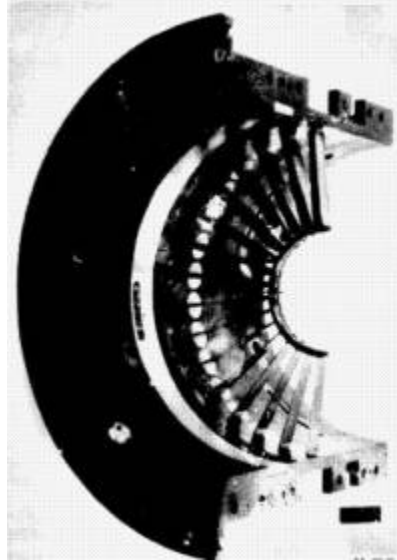


Fig. 2 <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740021256> p.67

Documents utiles

- [modèles téléchargeables](#) (lien vers projet Git)
 - rapport technique original de la NASA (.pdf)
 - rotor51a_original.csv

(.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 51A est décrite dans le rapport d'origine de la NASA par les tableaux suivants. Les grandeurs sont en pouces et en degrés.

TABLE IV. - BLADE GEOMETRY FOR ROTOR 51A

RD	PERCENT SPAN		RADIUS		BLADE ANGLES			DELTA INC	CONE ANGLE
	SPAN	R1	R2	K1C	K1'	K2C			
10	100	25.4111	25.4111	52.15	47.66	43.1	4.59	0.057	
90	95	24.6466	24.6466	51.23	46.66	42.16	4.69	-0.138	
80	90	23.6733	23.6733	50.26	45.66	41.52	4.96	0.257	
70	85	23.1955	23.1955	49.26	44.66	39.86	5.43	0.258	
60	80	22.424	22.424	48.26	43.66	38.43	6.12	0.997	
50	75	21.6733	21.6733	47.24	43	37.16	7.09	1.635	
40	70	21.045	21.045	46.22	42	36.03	8.24	2.092	
30	65	20.545	20.545	45.22	41	35.03	9.55	1.619	
20	60	20.166	20.166	44.46	40	34.26	11.04	1.274	
10	55	20.000	20.000	43.86	39	33.63	12.74	0.634	
0	50	20.000	20.000	43.40	38	33.10	14.66	0.057	

RD	BLADE THICKNESSES			AXIAL DIMENSIONS		
	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000

Caractéristiques aérodynamiques

	unités	valeurs
taux de compression	[-]	1.111
débit massique	[kg/s]	30.27
vitesse en tête	[m/s]	213,3
solidité en tête	[-]	0.5
allongement	[-]	3.08
vitesse de rotation	[%]	90 à 120 % de la vitesse de conception

Propriétés matériau

Le matériau original du rotor 51A n'est pas défini dans le rapport de la NASA. Un alliage de titane Ti-6Al-4v est considéré :

	unités	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^[2].

intrados



extrados



Fréquences propres

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

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2578,588	410,395
2	2F	8044,80	1280,37
3	1T	10763,98	1713,14

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 encastres),

- pour le maillage complet :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2560,66	407,541
2	2F	8009,99	1 274,83
3	1T	10726,52	1 707,18

- pour le modèle réduit :

Mode	Type	Pulsation propre (rad/sec)	Fréquence propre (Hz)
1	1F	2560,75	407,556
2	2F	8013,95	1275,46
3	1T	10729,8	1707,7

1. ^{a, b, c, d} Osborn W. M., Steinke R. «Performance of a 1.15-pressure-ratio Axial-flow Fan Stage with a Blade Tip Solidity of 0.5» 1974. [pdf](#)
2. ^{a, b, c, d, e, f, g, h} 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_51a/accueil?rev=1681496720

Dernière mise à jour: **2023/04/14 14:25**