

AIRCRAFT ENGINES

AMBASSADEUR SAFRAN ECL – EPSAC JUSTIFICATION SYSTEME

—
2019-05-14



This document and the information therein are the property of Safran. They must not be copied or communicated to a third party without the prior written authorization of Safran

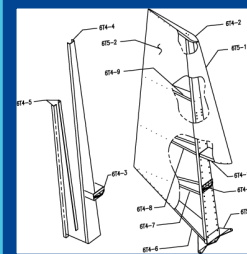
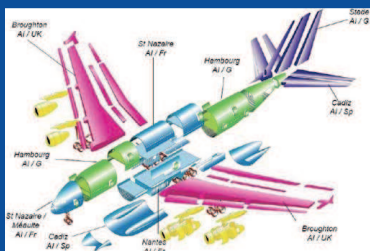
INTRODUCTION



OBJECTIF – CONTEXTE

- **Un besoin est identifié d'apporter des règles et compétences autour de la justification des systèmes et composants mécaniques.**
 - **Le retour d'expérience observé en Top Copeau montre une amélioration qui peut/doit être renforcée par des formations dispensées par l'EPSAC.**
 - **La formation est destinée aux élèves de 1ere année en fin d'année scolaire Mai/Juin en préparation de la phase de conception du 1^{er} trimestre de la 2eme année.**
- **Sommaire:**
 - > Introduction à l'architecture système et cycle en V.
 - > Processus de validation
 - > Conception préliminaire → livrables attendus:
 - ◆ Niveau système complet – véhicule
 - ◆ Niveau sous système – liaison sol; motorisation etc
 - ◆ Niveau composant – aube, arbre, culasse etc
 - > Conception détaillée → livrables attendus:
 - ◆ Niveau système complet – véhicule
 - ◆ Niveau sous système – liaison sol; motorisation etc
 - ◆ Niveau composant – aube, arbre, culasse etc

INTRODUCTION – ARCHITECTURE SYSTEME

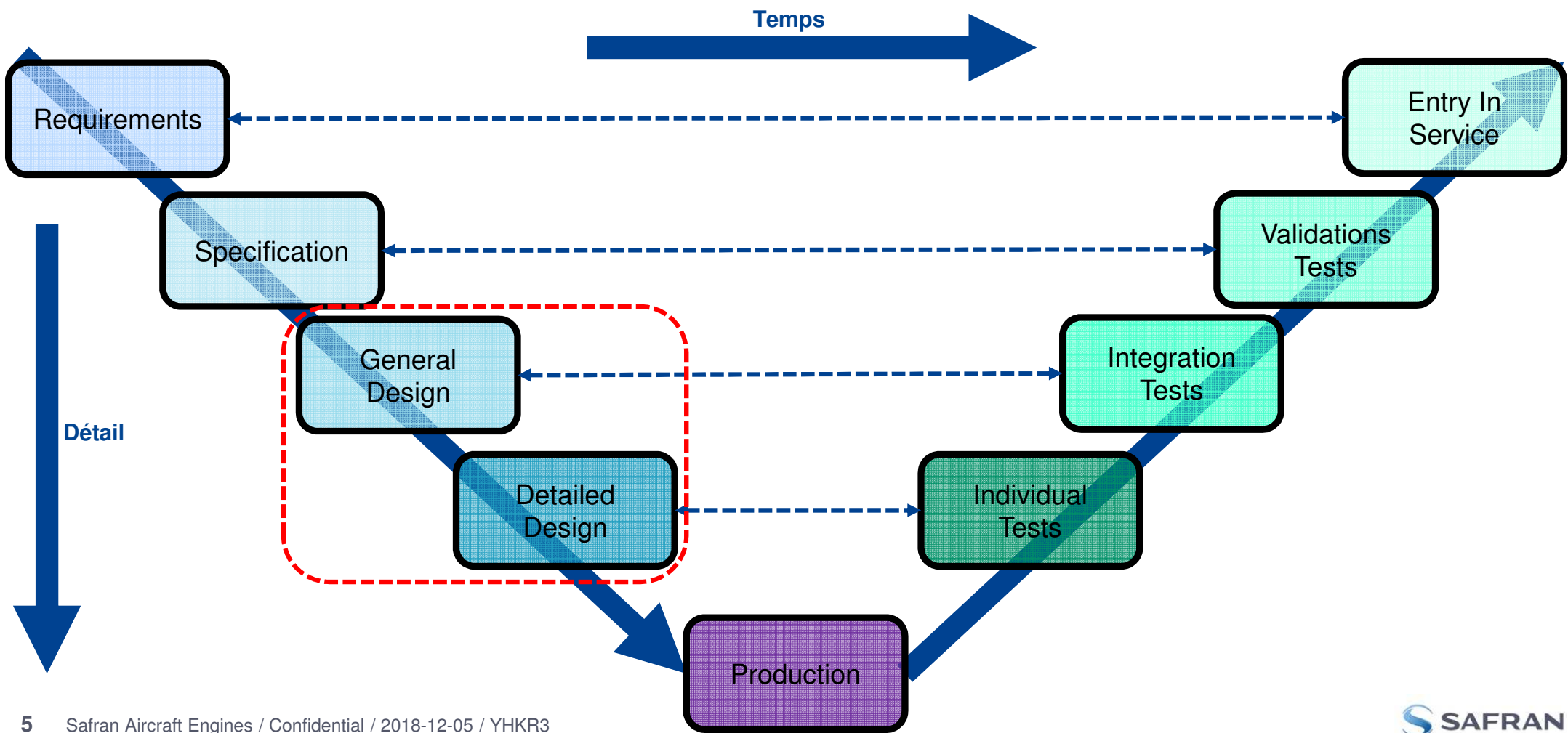


Système Niv 2 – composant

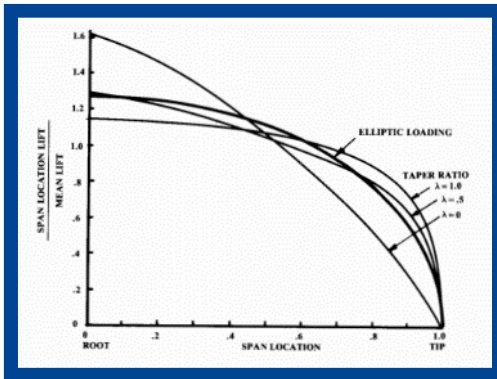
Système Niv 1 – sous système

Système Niv 0 – véhicule complet

INTRODUCTION – CYCLE EN V



DESIGN AND TEST RELATION

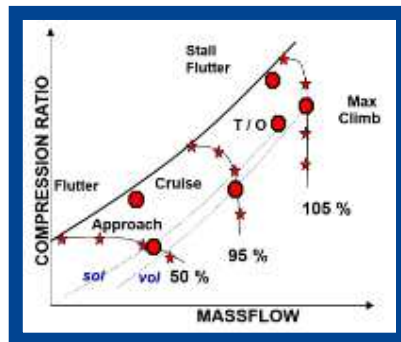


Test definition
Test matrix
Tests objectives
Pass/Fail Criteria
Assembly
Instrumentation



Design

Tests



Test set-up as manufactured;
as assembled; as instrumented
Calibration
Test Results
Test Correlation
Operating Range/Limitations



CONCEPTION PRELIMINAIRE

—
2018-12-05



CONCEPTION PRELIMINAIRE – SYSTÈME COMPLET

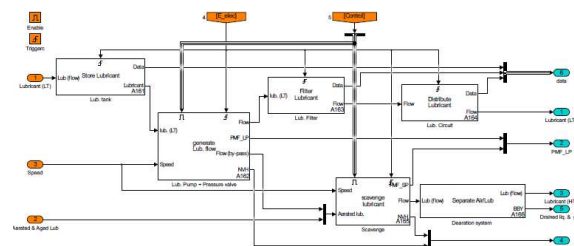
EXEMPLES JUSTIFICATION CIRCUIT HUILE MOTEUR

Exigences et cas de charges

Débits huile (cf tableau)
Huile 0W30

Composant	Débit unitaire (L/min)	Nb (#)	Débit total (L/min)
Palier vilebrequin	5.74	7	40.2
Jet piston	3.5	12	42.0
Jet cascade	1.5	2	3.0
Palier cascade	0.5	3	1.5
Jet accessoire	1.5	1	1.5
Palier AAC	0.5	14	7.0
Butée hydraulique	0.15	24	3.6
Lubrification turbo	6	2	12

Architecture et sous systèmes



Simulations:

Simulation GT Power

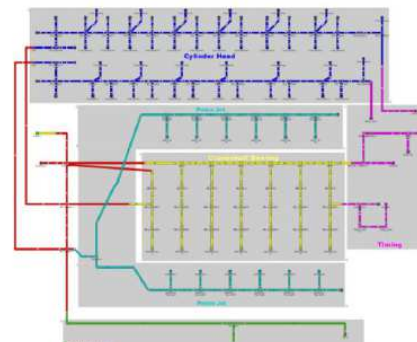


Figure 2 : Modèle GT-Power du circuit d'huile

Conditions limites

Chargements

Référence:
6bar / 100°C

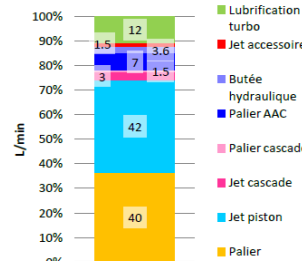


Figure 3 : Répartition poste à poste des débits

Illustration justification

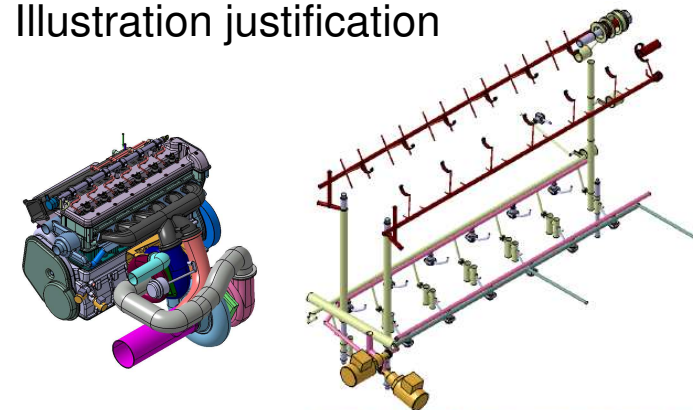
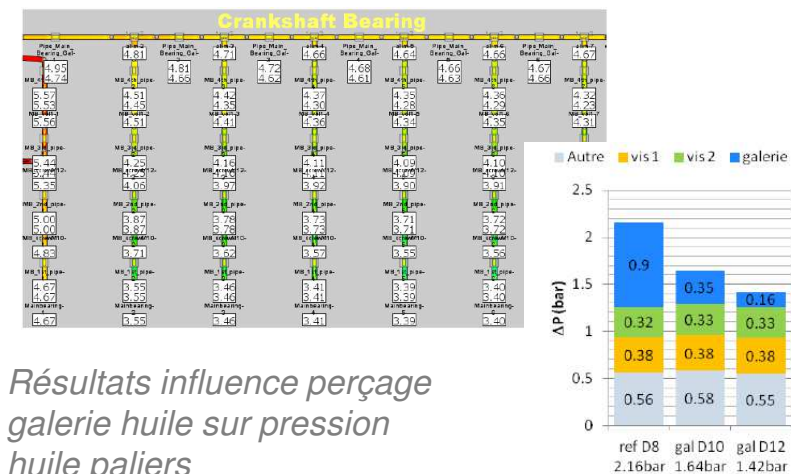


Figure 1 : CAO du circuit d'huile extraite des données IAV

Tableaux justificatifs

Résultats de pression d'huile sur les paliers vilebrequin moteur 6 cylindres.



Résultats influence perçage galerie huile sur pression huile paliers

CONCEPTION PRELIMINAIRE – SOUS SYSTEME EXEMPLES JUSTIFICATION AERO CARTER TOURNANT

Exigences et cas de charges

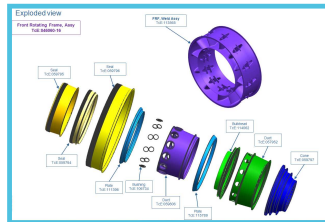
RQ-RF-PERF-42-Ed-C §12.4.5	P53Q52>0.989	CFD	0.983	Not OK*
	P511Q51>0.989	CFD	0.985	Not OK*
§12.4.5	FlowAng <1°	CFD	2.9°	Not OK

*Note: Spec Update DP/P total 7% - > 2.2 %
(DP/P Now 3.2%)

> Secondary flows specification

- > Station 51 1 % W25 spec RQ-RF-PERF-44-Ed-C
- > Station 52 0.8 % W25 spec ECM-SN-13-0223, RQ-RF-PERF-45-Ed-C

Architecture et sous systèmes

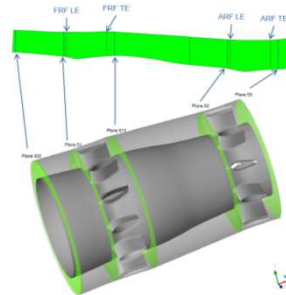


Front Rotating Frame Air Rotating Frame

Simulations: Nature de modélisation (CFD 3D)

Current configuration and evaluation planes

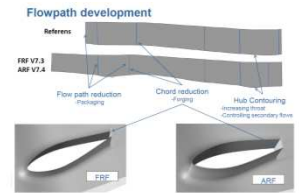
- > FRF v7.3
- > ARF v7.4
- > Contoured ID to improve aero inside packaging constraints
- > OD not contoured due to nacelle/prop constraints
- > Blades are cut at TE in order to be able contain structure in forgings



Conditions limites Chargements

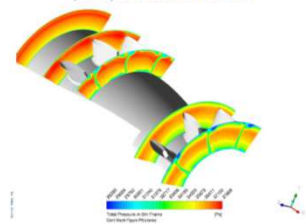
	SAFIR 2002 - 204 50 cm		Pointe en Hors-Adaptation - PG		Points en Hors-Adaptation - Ralevis			
	Top of Comb (250 Rm)	Top of Comb (250 Rm)	Take-Off (734 Rm)	Take-Off (734 Rm)	Ralevis TO (440Rm)	Ralevis SLS (440Rm)	Ralevis SLS (440Rm)	Ralevis SLS (440Rm)
	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10	20450 73450 10
PWT wet corrected Mass Flow	W000	W000	30.49	30.49	26.50	26.50	26.50	26.50
APU Exit Flow	W000	W000	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50
APU Exit Temperature	T000	T000	620	620	620	620	620	620
APU Exit Pressure	P000	P000	120000	120000	120000	120000	120000	120000
RF Inlet Flow	W001	W001	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50
RF Inlet Temperature	T001	T001	620	620	620	620	620	620
RF Inlet Pressure	P001	P001	120000	120000	120000	120000	120000	120000
RF Exit Flow	W002	W002	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50
RF Exit Temperature	T002	T002	620	620	620	620	620	620
RF Exit Pressure	P002	P002	120000	120000	120000	120000	120000	120000
RF Exit Pressure	P003	P003	120000	120000	120000	120000	120000	120000
Pressure losses								
RF Pressure Loss	P004	P004	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P005	P005	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P006	P006	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P007	P007	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P008	P008	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P009	P009	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P010	P010	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P011	P011	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P012	P012	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P013	P013	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P014	P014	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P015	P015	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P016	P016	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P017	P017	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P018	P018	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P019	P019	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P020	P020	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P021	P021	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P022	P022	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P023	P023	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P024	P024	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P025	P025	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P026	P026	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P027	P027	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P028	P028	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P029	P029	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P030	P030	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P031	P031	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P032	P032	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P033	P033	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P034	P034	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P035	P035	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P036	P036	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P037	P037	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P038	P038	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P039	P039	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P040	P040	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P041	P041	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P042	P042	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P043	P043	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P044	P044	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P045	P045	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P046	P046	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P047	P047	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P048	P048	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P049	P049	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P050	P050	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P051	P051	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P052	P052	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P053	P053	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P054	P054	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P055	P055	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P056	P056	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P057	P057	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P058	P058	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P059	P059	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P060	P060	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P061	P061	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P062	P062	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P063	P063	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P064	P064	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P065	P065	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P066	P066	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P067	P067	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P068	P068	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P069	P069	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P070	P070	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P071	P071	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P072	P072	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P073	P073	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P074	P074	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P075	P075	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P076	P076	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P077	P077	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P078	P078	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P079	P079	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P080	P080	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P081	P081	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P082	P082	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P083	P083	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P084	P084	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P085	P085	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P086	P086	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P087	P087	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P088	P088	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P089	P089	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P090	P090	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P091	P091	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P092	P092	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P093	P093	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P094	P094	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P095	P095	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P096	P096	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P097	P097	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P098	P098	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P099	P099	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
RF Pressure Loss	P100	P100	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983

Illustration justification:

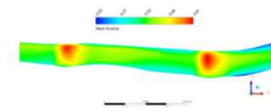


General flow field views

Region of increased losses are localized at (outer) end wall, for both RF



OP: TOC
BC: ECM SAGE2-Sn-13-0287 (Radial Profiles)
Geometry: FRF V7.3 Tcut ARF v7.4



Meridional average plots of Pressure and Mach Number in Rel Frame

Tableaux justificatifs

OP: TC	ECM SAGE2-Sn-13-0287 (Radial Profiles)			
Geometry:	FRF V7.12	ARF ver7.4	FRF	Units
Flow characteristics				
AP0/q	4.171	6.143	%	
AP0/Pin	0.471	0.597	%	
P00/P0in	0.3953	0.3940		
Ma throat	0.53	0.51	-	
Choke Margin	23.1	25.4	%	
W51-511	1.1			
W52-53		2.3	%	
PS11051	0.9988			
PS3052		0.9979	-	
ANG51	-5.14		deg	
ANG511	2.64		deg	
ANG53		2.61	deg	
P1/throat	102788	102891	Pa	
P1/midspan	108852	107972	Pa	
P1/thick (midspan)	124076	121806	Pa	
P1/te	123751	121260	Pa	
Geometric characteristics				
Area throat	0.0955	0.4708	m ²	
Area TE	0.5566	0.5469	m ²	
Axial Chord (midspan)	254.5	240.0	mm	
Stagger (midspan)	7.50	5.60	deg	
Max thick (midspan)	9.50	6.0	mm	
P1-thick (midspan)	14.50	14.00	mm	

CONCEPTION PRELIMINAIRE – COMPOSANT EXEMPLES PALE OPEN ROTOR MECANIQUE STATIQUE

Exigences et cas de charges



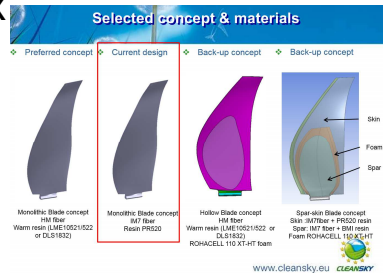
Etat de l'art:

SAGE2 blades VS SOA

	CFR 90-94K	SCORE S 1	Maxacost	LEAP1A	LEAP1B	MHI proto	SAGE2
Fiber	IM7	IM7	IM7	IM7	IM7	IM7	IM7
Resin	PR520	PR520	PR520	PR520	PR520	PR520	PR520
Vt targeted	58%	55%	60%	60%	60%	55%	58%
Height	~1200 mm	~1100 mm	~730 mm	~800 mm	~700 mm	~1500 mm	~1500 mm
Root max thickness	~80 mm	~75 mm	~60 mm	~60 mm	~60 mm	~75 mm	~60 mm
Root neck thickness	47 mm	40 mm	26 mm	26 mm	25 mm	33 mm	26 mm
Nb of layers	32	32	24	24	24	28	24
Root length	430 mm	350 mm	210 mm	237.9 mm	224.1 mm	200 mm	150 mm
Chord max	550 mm	550 mm	360 mm	360 mm	360 mm	600 mm	550 mm
Volume of resin in final part	5.6 l	4.5 l	1.2 l	1.5 l	1.2 l (TBC)	4.2 l	3.2 l

www.cleansky.eu

Fonctions ; procédés ; matériaux



Simulations:

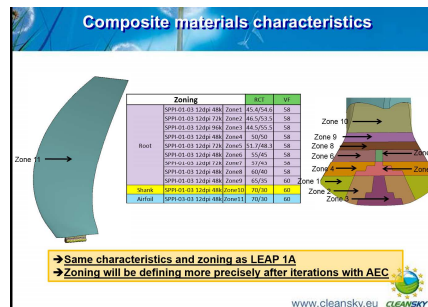
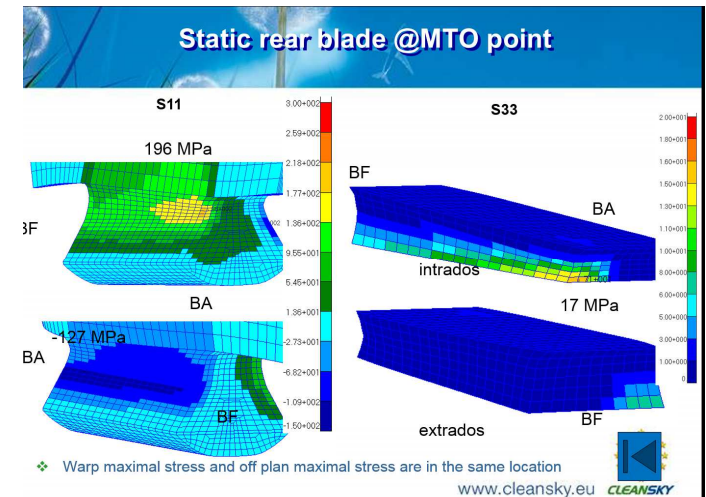
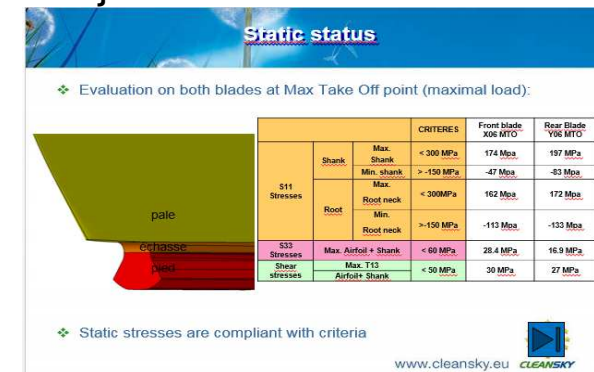


Illustration justification:



Tableaux justificatifs



CONCEPTION PRELIMINAIRE – PERIMETRE TBD

PROPOSITION PLANCHE STANDARD

Exigences et cas de charges

Performances attendues (vitesse; accélération; rayon braquage; score compétition; autonomie etc) - requis

Sollicitations (thermique; mécanique stat et dyn; aérodynamiques; électriques etc)

Cas normal - facultatif

Cas limite - facultatif

Cas ultime - requis

Architecture / sous systèmes

Architecture générale du véhicule (motorisation; refroidissement etc) - requis

Justification des choix de sous systèmes vs exigences véhicule - facultatif

Fonctions et exigences des sous systèmes

Architecture retenue Fonctions du sous système

Procédé de réalisation et matériau - requis

Simulations:

Nature de modélisation (modèle 1D; modèle matlab; modèle CATIA etc)

Niveau préliminaire - requis

Conditions limites

Chargements

Maillage (si éléments finis)

Post traitements réalisés

Illustration justification:

Image déplacement; contraintes; thermiques (en fonction de la pertinence)

Niveau préliminaire - requis

Image du cas de charge dimensionnant - requis

Illustration du modèle de calcul dimensionnant - facultatif

Tableaux justificatifs

Tableau récapitulatif des cas de charges.

Résultats (notamment données d'entrée et charges pour sous systèmes)

Niveau préliminaire (cas ultime) - requis

(déplacements; charges; contraintes; modes et fréquences; données d'entrée pour composants)

	Cas normal		Cas limite		Cas ultime	
	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)
Pièce 1 - Maxi						
Pièce 1 – Zone A						
Pièce 1 – Zone B						

CONCEPTION DETAILLEE

—
2018-12-05



CONCEPTION DETAILLEE – SYSTEME COMPLET

EXEMPLE PERFORMANCE MOTEUR

Exigences et cas de charges

Performances : Puissances maximales et/ou takeoff → Contrôle moteur

Opérabilité : Puissances mini (flameout) → carburant, pilotage

Domaine de vol: Plafond /
Température ambiante mini / temps rallumage

Architecture; fonctions ; procédés:

Analyse environnement et conditions de fonctionnement → spec essais sol / vol & Interfaces avionneurs

Qualification équipements (turbo, chambre, système d'injection,)

Calibration modèles moteur 1D / 0D

Simulations:

Modélisation 0D MatLab Simulink

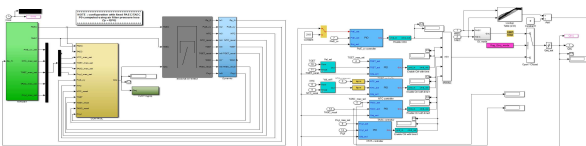
Objectif

Déterminer les quantités de carburant optimales en fonction des limites opérationnelles du moteur

Approche semi-empirique (phéno)

Modèles physiques et lois mathématiques

Optimisation multi critères



Modélisation 1D

Objectif:

études exploratoires par modèles prédictifs / analyses détaillées

Approche multi physiques

-Modèle de combustion et transferts thermiques prédictifs

-Caractérisation extinction moteur

-Analyse points de fonctionnement turbocompresseur (choc / pompage....)

-Acoustique remplissage

-Comportement systèmes d'injection ...

GT Gamma Technologies

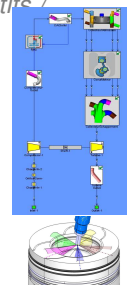
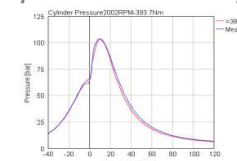
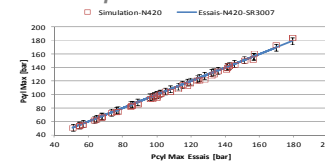
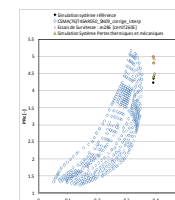
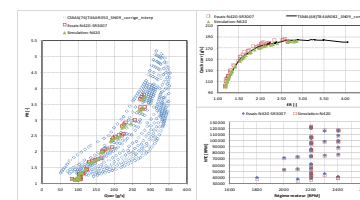


Illustration justification:

Limites opérationnelles (exemple Pression cylindre)



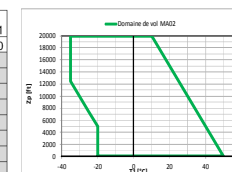
Conditions de fonctionnement sous-systèmes (exemple turbocompresseur) : Points stabilisés et limites de choc



Tableaux justificatifs

Puissances maximales dans le domaine de vol

Zp (ft) / CIT (°C)	-40	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	51
0				230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
2500				230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
5000				230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
7500				230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
10000				230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
12500	218	218	218	218	218	218	217	216	215	213	212	210	208					
15000	205	205	205	205	205	203	202	200	198	197	195	193						
17500	192	192	192	192	191	189	187	184	181	179	177							
20000	180	180	180	180	178	175	170	167	165	163								

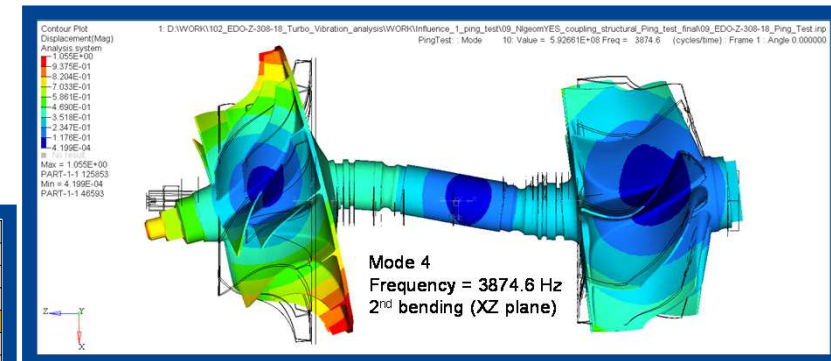


Régime turbocompresseur max en cas de panne électrique

Zp (ft) / T1 (°C)	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0																		
2500																		
5000																		
7500																		
10000																		
12500	127	129	130	131	132	133	134	134	135	136	136	137	137					
15000	130	131	132	134	135	136	137	138	139	140	141	142						
17500	132	134	135	136	138	139	140	142	143	144	146							
20000	146	145	145	143	141	142	144	145	146	148								

CONCEPTION DETAILLEE – SOUS-SYSTÈME EXEMPLE DYNAMIQUE ROTOR TURBO

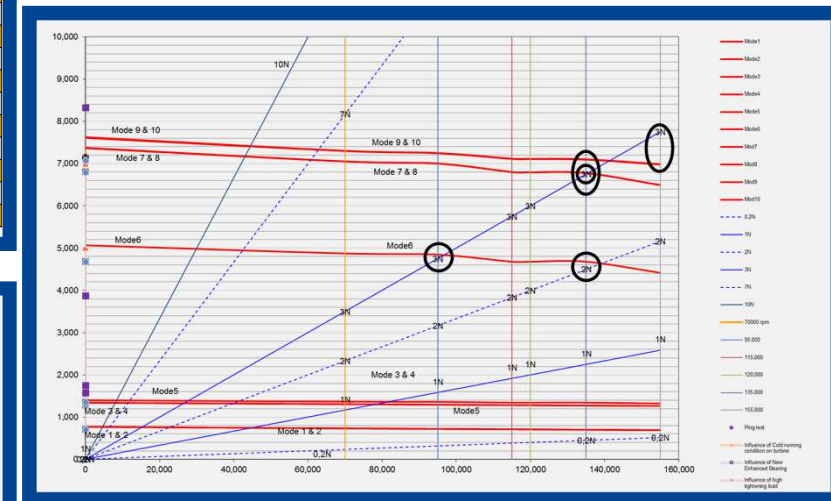
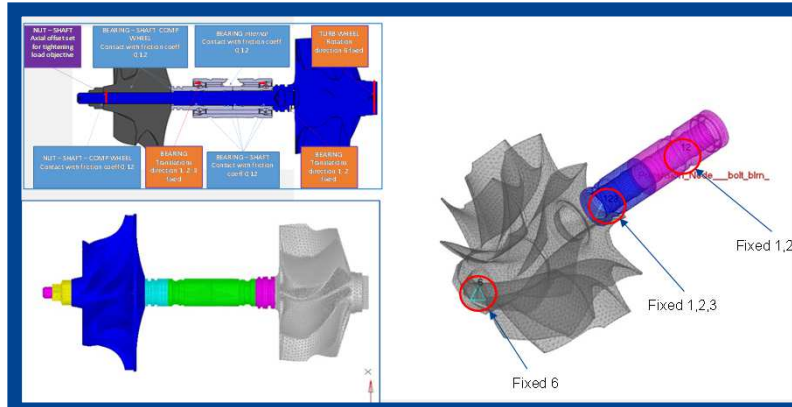
	Calculation Point	Speed (RPM)	Temperature Value (°C)	Temperature Reference (%)	Nut Tightening (kN)	Aero Torque (Nm)	Friction Coeff (-)	Press Fit (%)
0	Setting of temperature	0	20	0	0	0	0.12	0
1	Setting of axial load	0	0	0	13	0	0.12	100
2	Bolt Node Fixed	0	0	0	NA	0	0.12	100
3	Frequency analysis							
4	Setting of torque load	0	0	0	NA	2	0.12	100
5	Mission point F	70000	0	60	NA	2	0.12	100
6	Frequency analysis							
7	Mission point A	95000	0	67	NA	2.5	0.12	100
8	Frequency analysis							
9	Mission point B	115000	0	100	NA	3.0	0.12	100
10	Frequency analysis							
11	Mission point C	120000	0	100	NA	3.0	0.12	100
12	Frequency analysis							
13	Mission point D	135000	0	100	NA	3.5	0.12	100
14	Frequency analysis							
15	Mission point E	155000	0	130	NA	4.0	0.12	100
16	Frequency analysis							
17	Return to 0	0	0	0	NA	0	0.12	100
18	Frequency analysis							



Architecture; fonctions ;
procédés:

Assemblage rotor; serrage en
tension 13kN

Marge croisement dyn >10%
pour modes 1 à 10 et
harmoniques 1 à 10.



CONCEPTION DETAILLEE – COMPOSANT EXEMPLES CAPOT TOURNANT

Exigences et cas de charges

Specification overview – Operating conditions	
Limit Loads	– Gyroscopic: see static loads in spec → “should”
	– HCF: see HCF loads in spec.
	– Gravity/manœuvre: see table.
	– Transport: see table.
Ultimate loads	– Overspeed/overturn/overtemp: from B04.02 cycle.
	– PBR / PWT Blade failure
	PBR → “should”.
	– Gravity/manœuvre: see table.

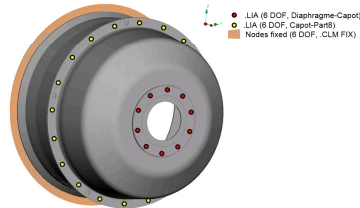
Definition	Load cases
Ultimate	Ultimate loading +/- 3G vertically +/- 1.8G sideways +/- 1.5G axially
Limit	Limit maneuver and gust loads +/- 2G sideways +/- 1.5G axially

Simulations: Conditions limites

CONDITIONS LIMITES ANALYSE MODALE

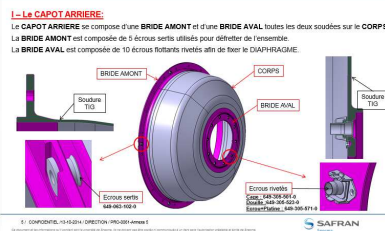
→ Liaison diaphragme/capot: .LIA fixant les 6 degrés de liberté

→ Bride YR 34 liée à la bride amont par .LIA



Fonctions ; procédés ; matériaux

DESCRIPTION ET COMPOSITION DU COVER BODY

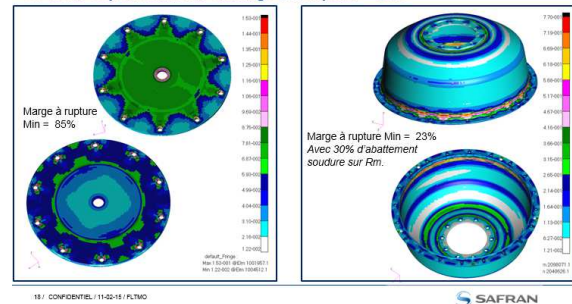


Chargements: vitesse rotation;
thermique; masse visserie
Maillage: 3 éléments dans épaisseurs
Post traitements réalisés:
Cas de charges statiques;
dynamiques; rétention

Illustration justification:

ROBUSTESSE, CAS PWT ULTIMATE

→ Pas de dépassement de la marge à la rupture > OK.

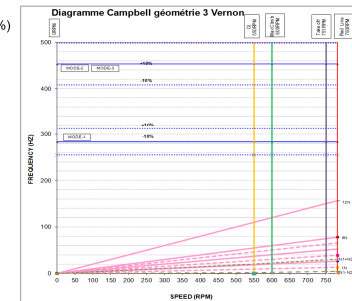


Tableaux justificatifs

ANALYSE MODALE

> Marge (mini acceptable = 10%)
OK pour tous les modes.

Mode	Fréquence (Hz)
1	283.5
2	452.9
3	453.0
4	712.0
5	712.0
6	718.7
7	718.8
8	904.8
9	937.7
10	937.8



CONCEPTION DETAILLEE – PERIMETRE TBD

PROPOSITION PLANCHE STANDARD

Exigences et cas de charges

Performances attendues (vitesse; accélération; rayon braquage; score compétition; autonomie etc) - requis

Sollicitations (thermique; mécanique stat et dyn; aérodynamiques; électriques etc)

Cas normal - requis

Cas limite - requis

Cas ultime - requis

Simulations:

Nature de modélisation (modèle 1D; modèle matlab; modèle CATIA etc)

Niveau préliminaire - requis

Conditions limites - requis

Chargements - requis

Maillage (si éléments finis) - requis

Post traitements réalisés - requis

Architecture / sous systèmes

Architecture générale du véhicule (motorisation; refroidissement etc) - requis

Justification des choix de sous systèmes vs exigences véhicule - requis

Fonctions et exigences des sous systèmes

Architecture retenue Fonctions du sous système - requis

Procédé de réalisation et matériau - requis

Résultats:

Expérience véhicule antérieur - requis

Essais de démonstrations – requis

Validation des admissibles matériaux – requis

Données entrée modèle ensemble - requis

Illustration justification:

Image déplacement; contraintes; thermiques (en fonction de la pertinence)

Niveau préliminaire - requis

Image du cas de charge dimensionnant - requis

Illustration du modèle de calcul dimensionnant - requis

Tableaux justificatifs

Tableau récapitulatif des cas de charges.

Résultats (notamment données d'entrée et charges pour sous systèmes)

Niveau préliminaire (cas ultime) - requis

(déplacements; charges; contraintes; modes et fréquences; données d'entrée pour composants)

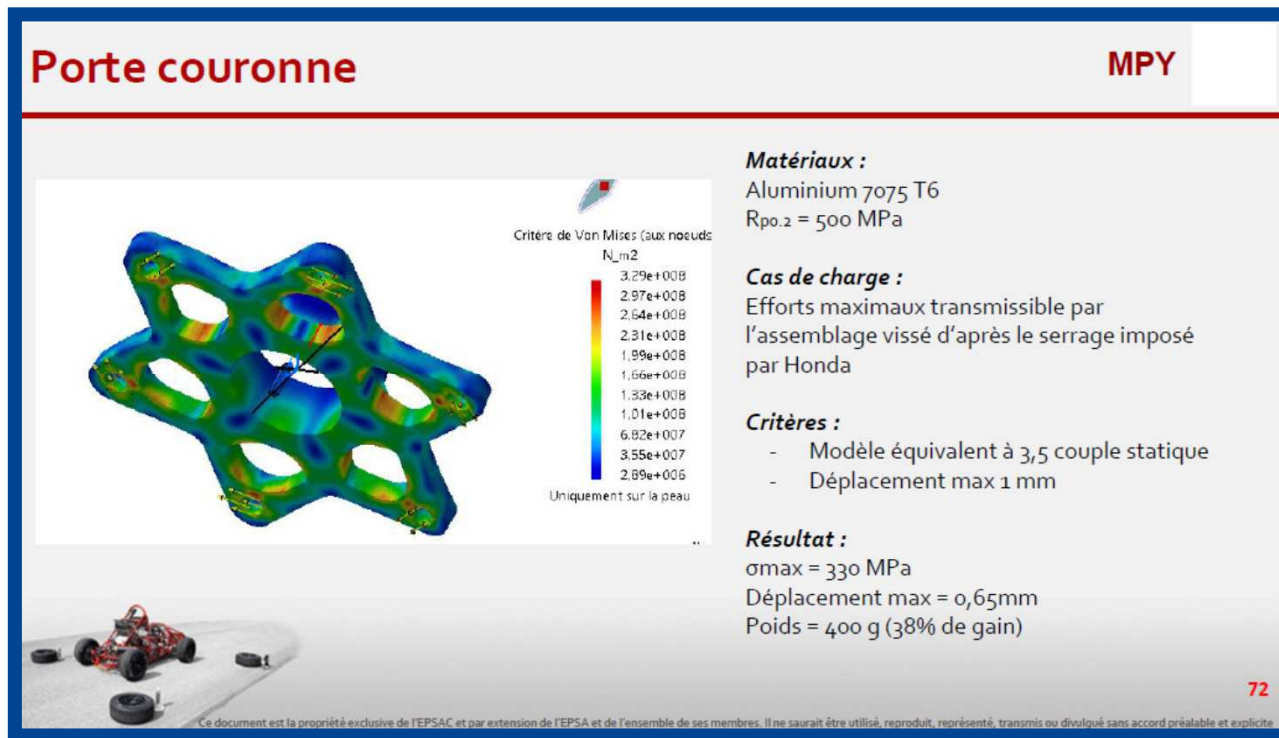
	Cas normal		Cas limite		Cas ultime	
	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)	Valeur (unité physique)	Marge (vs admissible)
Pièce 1 - Maxi						
Pièce 1 – Zone A						
Pièce 1 – Zone B						

EXEMPLES EPSA

—
2018-12-05



BON EXEMPLE – TOP COPEAU OPTIMUS – NOVEMBRE 2018



■ Matériau décrit.

■ Admissible matériau à préciser.

■ Cas de charge décrit.

■ Cas de charge non décrit:
normal/limite/ultime ; valeur des charges.

■ Environnement non précisé:
température; vibration; fatigue

■ Calculs éléments finis: conditions limites, chargement, maillage non précisés.

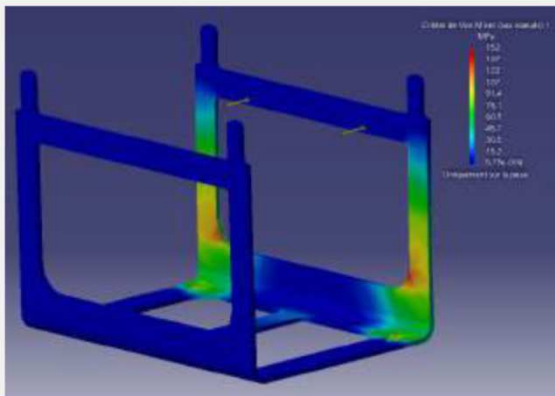
■ Résultats donnés pour contrainte; déplacements et poids.

■ Conclusion sur réponses aux exigences.

EXEMPLE AMELIORABLE – TOP COPEAU OPTIMUS – NOVEMBRE 2018

Support de batterie

PTS



Résultats analyses pour une force surfacique de 36N (Contrainte_max=152MPa)

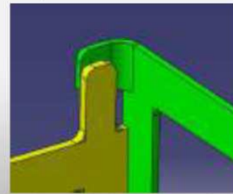


Pour alléger :

- Plus larges évasements
- Tôles plus fines (2mm contre 2,5mm et 1,5mm contre 2mm)

Pour l'aluminium 2017a T4 :
Limite d'élasticité = 245 MPa

(ne pas oublier que la partie supérieure est retenue par l'autre bord)



71

Ce document est la propriété exclusive de l'EPSAC et par extension de l'EPSA et de l'ensemble de ses membres. Il ne saurait être utilisé, reproduit, représenté, transmis ou divulgué sans accord préalable et explicite.

■ **Matériau décrit.**

■ **Admissible matériau à préciser.**

■ **Cas de charge décrit.**

■ **Cas de charge non décrit: normal/limite/ultime ; valeur des charges.**

■ **Environnement non précisé: température; vibration; fatigue**

■ **Calculs éléments finis: conditions limites, chargement, maillage non précisés.**


■ **Résultats donnés pour contrainte; déplacements et poids.**

■ **Pas de conclusion sur réponses aux exigences.**

EXEMPLE INSUFFISANT – TOP COPEAU OPTIMUS – NOVEMBRE 2018

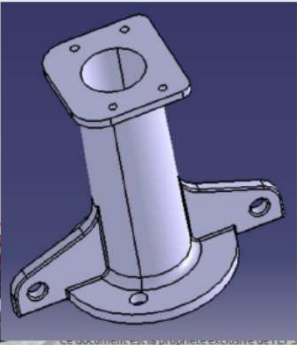
Guillotine - bride

CEE



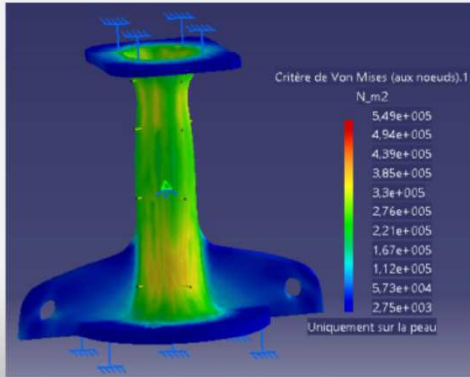
DIMENSIONNEMENT

- **Bride**
 - Matériau : PA12
 - Fournisseur : ARRK
 - **masse prévisionnelle : 46g**



Effort appliqué :

- dépression lors d'un lâché de pédale
 - environ 0.7 bar



52

Ce document est la propriété exclusive de SAFRAN et par extension de l'EP5A et de l'ensemble de ses membres. Il ne saurait être utilisé, reproduit, représenté, transmis ou divulgué sans accord préalable et explicite.

- **Matériau décrit.**
- **Admissible matériau à préciser.**
- **Cas de charge décrit.**
- **Cas de charge non décrit:**
normal/limite/ultime ; valeur des charges.
- **Environnement non précisé:**
température; vibration; fatigue
- **Calculs éléments finis: conditions limites, chargement, maillage non précisés.**
- **Résultats donnés pour contrainte; déplacements et poids.**
- **Pas de conclusion sur réponses aux exigences.**

CONCLUSION

—
2018-12-05



CONCLUSIONS

■ La maitrise de la justification:

- > Les hypothèses ; les exigences supérieures et les sollicitations sont clefs pour assurer la justification des systèmes et composants.
- > La maitrise des charges et sollicitations des composants par un modèle système/voiture est indispensable.

■ La culture du juste besoin:

- > Un bon calcul analytique vaut mieux qu'un calcul 3D incomplet.
- > Une optimisation ou un calcul avancé ne donnera pas plus que les éléments d'entrée.

■ Un tableau de synthèse complet vaut mieux qu'une illustration non pertinente.

