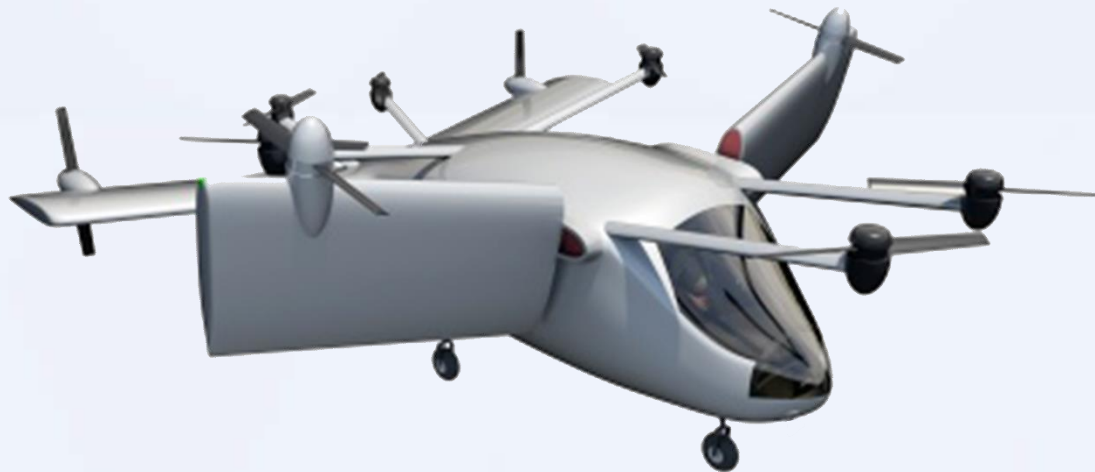


# SOUTENANCE PROJET AERONAUTIQUE

---

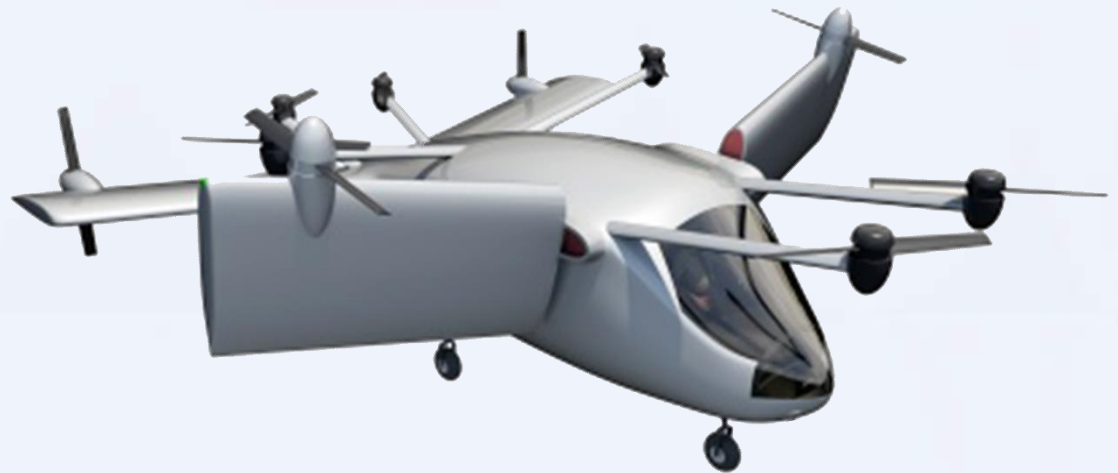
4<sup>ème</sup> Année    Propulsion hybride du Mini-Bee

Dimensionnement des hélices



# SOMMAIRE

- Contexte du projet
- Cahier des charges initial
- Organisation du projet
- Objectif du projet
- Planning du projet
- Diagramme de gantt
- Nos résultats
- Nos comparaisons
- Validation des résultats
- Conclusion



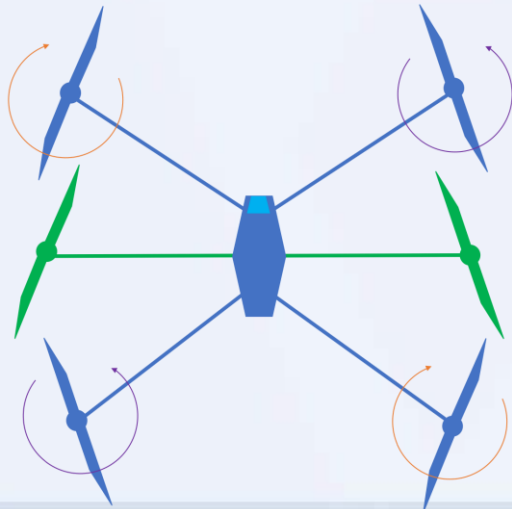
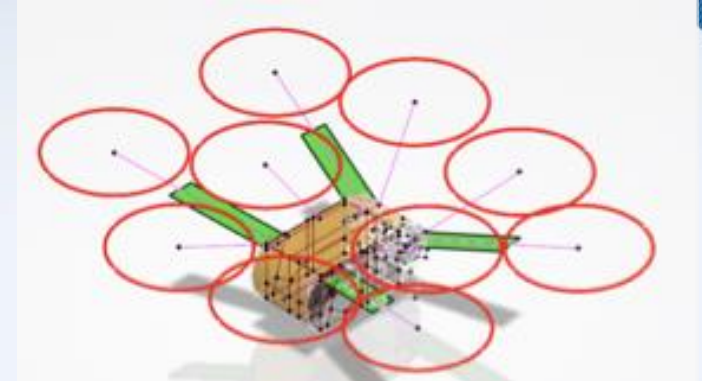
# CONTEXTE DU PROJET

- L'objectif du projet « Mini-Bee » est de concevoir un appareil volant à propulsion hybride ayant à terme une fonction médicale.
- C'est un projet collaboratif mettant en lien des étudiants et des industriels de l'aéronautique.
- Le premier tour d'hélice aura lieu à l'été 2020.
- Créer un avion tel que le Mini Bee permettra de limiter l'impact environnemental de nos déplacements tout en permettant de développer un moyen de transport rapide et fonctionnel.

# CAHIER DES CHARGES

## PROTO R2

- Distance franchissable : 800km (850km)
- Vitesse de croisière : 200 km/h
- Altitude de croisière : 2000m
- Poids : 1100kg
- Poussée par hélice : 95kg
- Surface : 10\*10m
- Nombre de places assises : 4 ou de 2 avec un brancard



Projet dimensionnement des hélices

## PROTO R1

- Distance franchissable : 400km
- Vitesse de croisière : 148 km/h
- Altitude de croisière : 2000m
- Poids : 550kg
- Poussée par hélice : 91kg
- Surface : 7\*7m
- Nombre de places assises : 2

29/04/2020

# ORGANISATION DU PROJET

## ORGANIGRAMME



Xavier Dutertre  
Tuteur



Pierre-Baptiste Kartel  
Chef de Projet



Marie Gaubert  
Membre



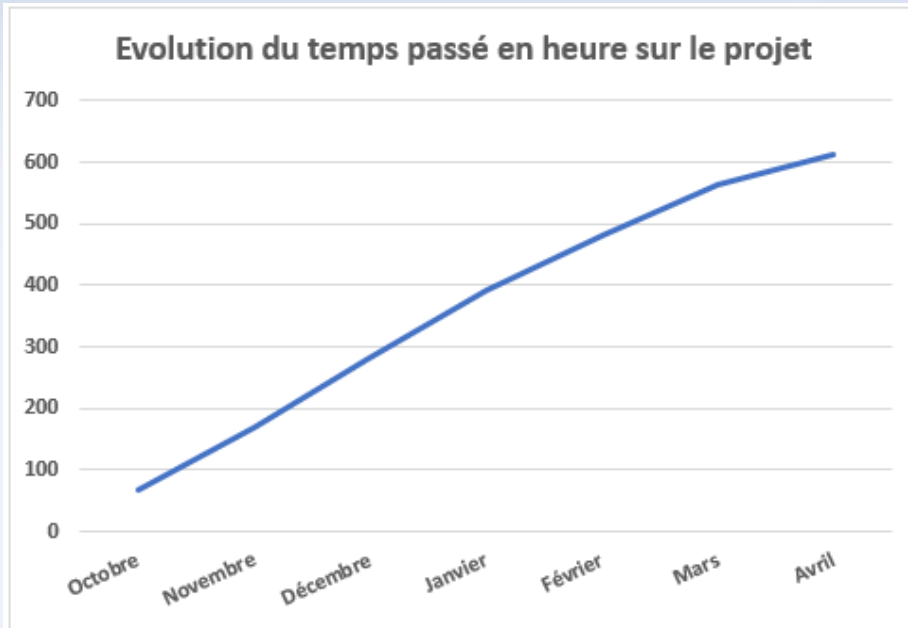
Paul Coumat  
Membre

Christophe Delille  
Tuteur ESTACA

# OBJECTIFS DU PROJET

- Caractériser les pales du Mini-Bee
- Calcul du débit d'air massique vers le bas
- Masse soulevée par une pale
- Etude des cas de panne
- Choix des pales pour le projet avec modélisation sur logiciel 3D

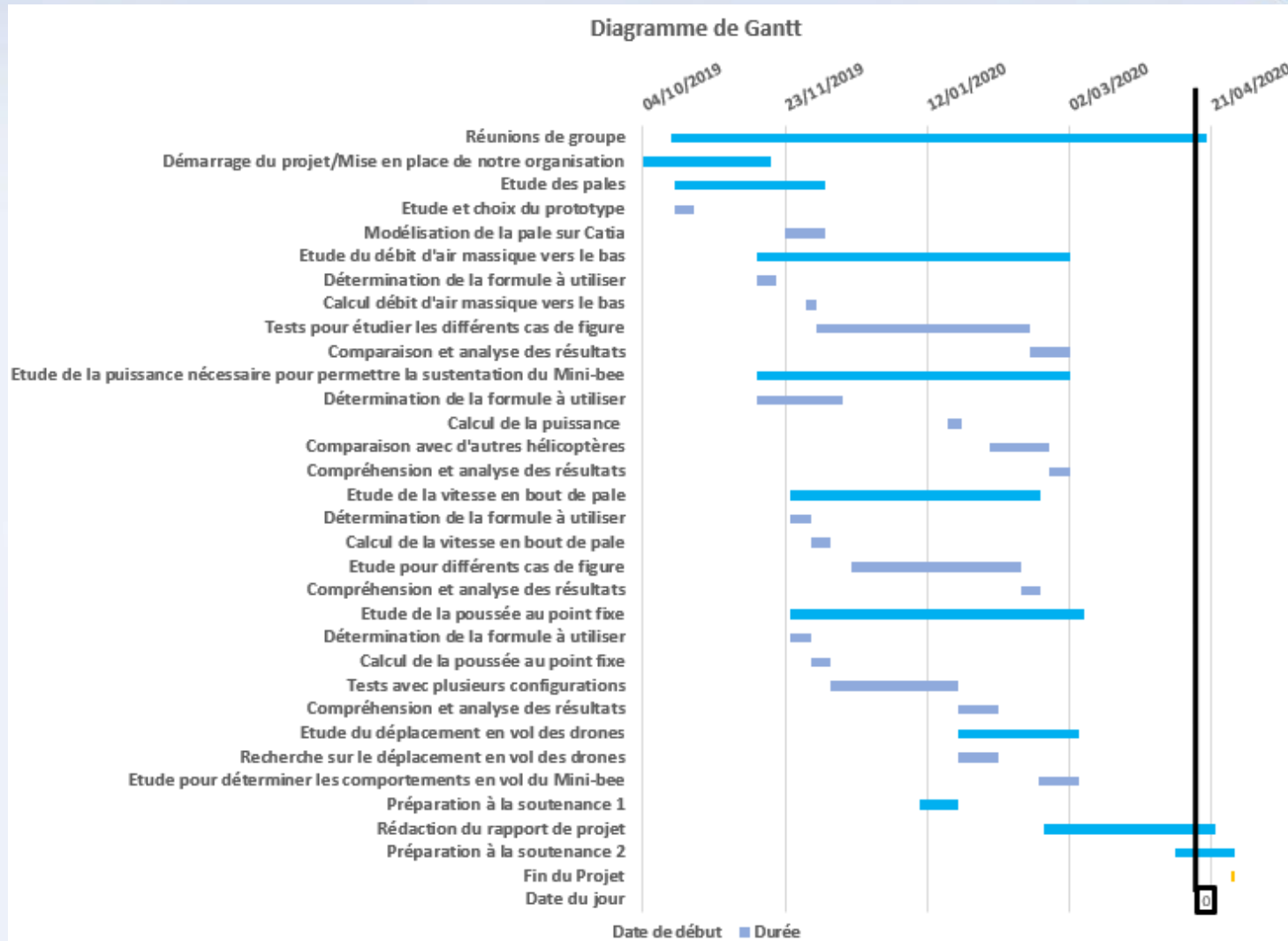
# PLANNING DU PROJET / JALONS



Pour rester organisé et avoir un bon rythme de travail, nous organisons des réunions de projet toutes les semaines entre nous et toutes les 2 semaines avec notre tuteur.

	Organisation et démarrage du projet	Etude des pales	Etude de la puissance nécessaire à la sustentation du Mini-bee	Etude de la poussée au point fixe	Etude de la vitesse en bout de pale	Etude du débit d'air massique vers le bas	Comparatif avec les drones	Rédaction du rapport et préparation aux soutenances	Nombre d'heures	Nombre d'heures au total
Octobre	47	21							68	68
Novembre	24	26	27	15	4	6			102	170
Décembre	12	14	24	24	19	20			113	283
Janvier	24		17	15	16	16	14	6	108	391
Février	24		10	6	13	5	25	6	89	480
Mars	24		5	4		2	17	30	82	562
Avril	30							21	51	613

# DIAGRAMME DE GANTT





# NOS RESULTATS

## La version finale du Mini Bee aura les caractéristiques suivantes:

- Puissance nécessaire : 135 334 W
- Puissance disponible : 164 752 W
- Puissance disponible/Puissance nécessaire : 1,21
- Masse soulevée par les hélices : 1 392 Kg
- Vitesse de rotation : 690 tr/min
- Surface rotorique : 101 m<sup>2</sup>
- Diamètre de chaque rotor : 3,6 m
- Débit d'air massique vers le bas : 9,30 m/s

# NOS COMPARAISON

## ❖ Comparaison Mini-Bee vs Hélicoptère

- Proto R2 comparé au R44 : Masse, Puissance, Vitesse, Rayon d'action
- Proto R1 comparé au Cabri G2 : Masse, Puissance, Vitesse

## ❖ Différentes versions du Mini-Bee

- on fait varier le nombre d'hélice et le diamètre des hélices pour les différents Proto.
  - Exemple: R1H6D32= Proto R1, 6 hélices et diamètre 3,2m

## ❖ Comparaison Mini-Bee vs Autres projets

- Projet : Vahana, Lilium jet, Bartini Flying car, Volocopter, Opener Blackfly

# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Théorie de Froude

Calcul de la puissance nécessaire à la sustentation du Mini-bee :

$$P_{necessaire} = \frac{P_{induite} + P_{profil}}{1 - pertes} + P_{divers}$$

	Cabri G2	R1H6D32	R1H6D34	R1H6D36	R44	R2H10D32	R2H10D34	R2H10D36	VAHANA	LILLIUM JET	BARTINI FLYING CAR
<b>Pinduite</b>	56 888	36 393	34 253	32 350	78 787	79 735	70 044	70 875	139 945	270 867	245 921
<b>Pprofil</b>	95 784	24 144	30 770	38 675	142 028	40 241	51 284	64 458	19 690	1 514	8 785
<b>Pnecessaire</b>	152 673	60 538	65 023	71 025	220 815	119 976	126 329	135 334	159 635	272 382	254 706
<b>P disponible</b>	106 647	82 375	82 375	82 375	167 782	164 752	164 752	164 752	353 039	319 942	319 942
<b>Pdispo/Pnecessaire</b>	0,6985	1,36	1,26	1,15	0,76	1,37	1,3	1,21	2,21	1,17	1,25

Pour les trois diamètres des prototypes R1 et R2 : Pdisponible > Pnecessaire

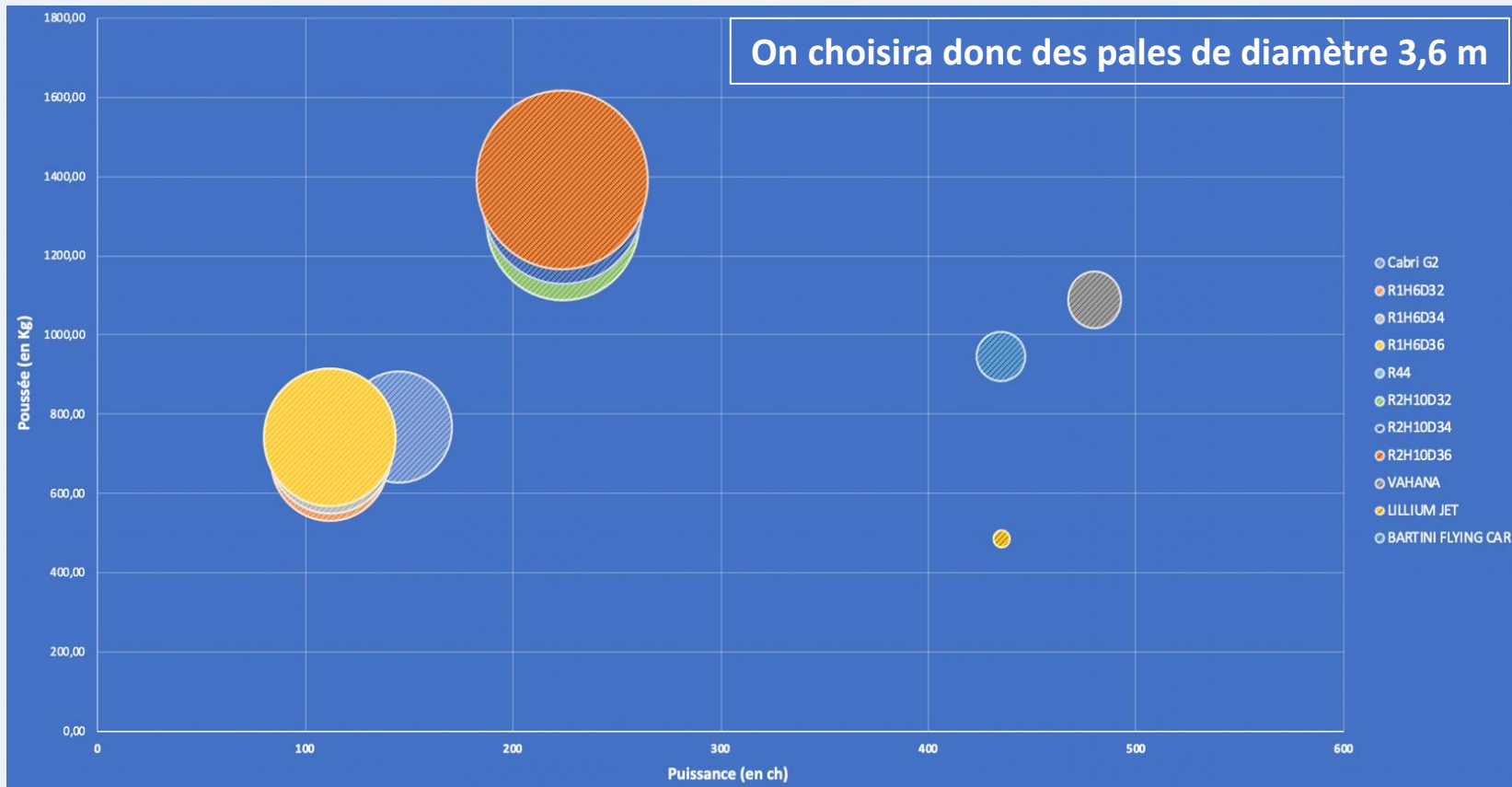
**Notre puissance sera optimale avec des pales de diamètre 3,6 m**

# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Poussée au point fixe

Calcul de la masse soulevée par une hélice:

$$Poussée = 7,4 (P \times D)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{3}}$$

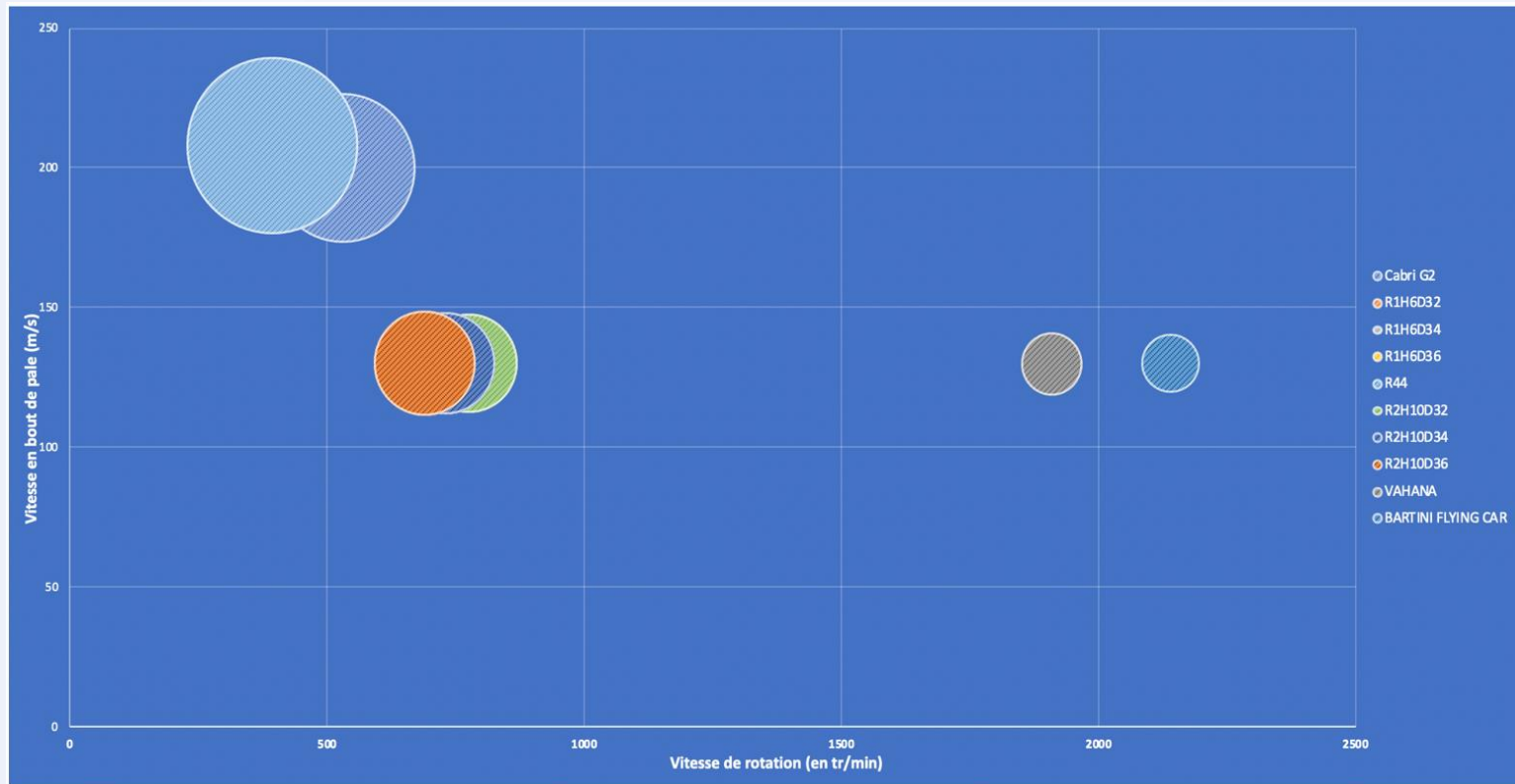


# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Vitesse en bout de pale

On cherche la vitesse de rotation de la pale (N) à partir de la vitesse en bout de pale (V) :

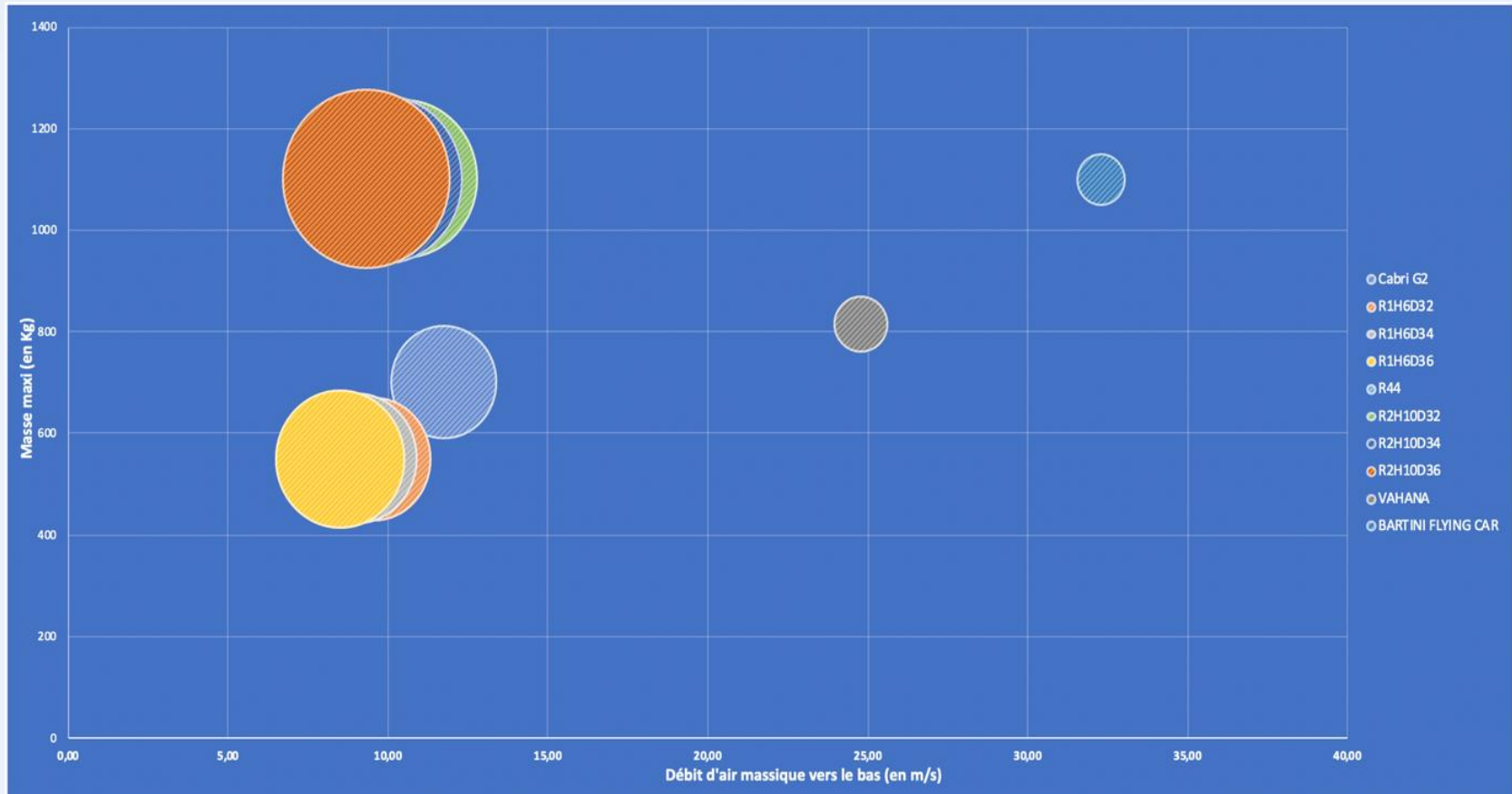
$$V = 2\pi \times \frac{D}{2} \times \frac{N}{60} \quad \text{D'où } N = \frac{60 \times V}{\pi \times D}$$



# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Débit d'air massique vers le bas

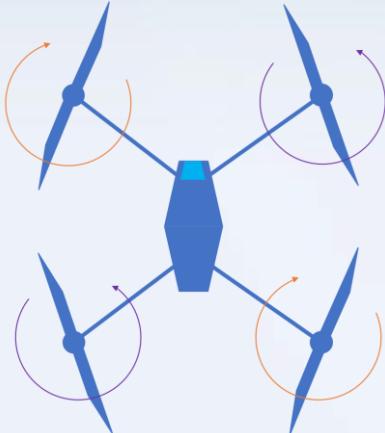
$$V_{air} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\rho_{air} \cdot S}}$$



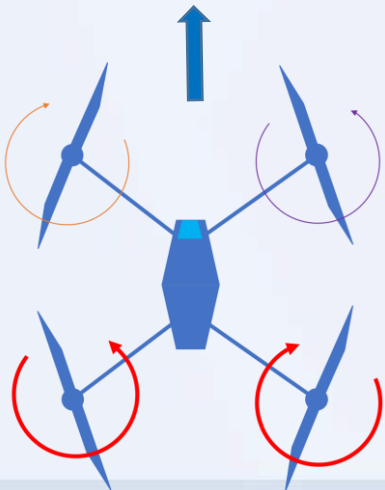
# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Fonctionnement d'un drone

Vol stationnaire

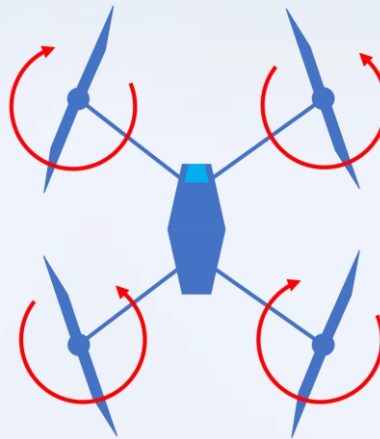


Tangage

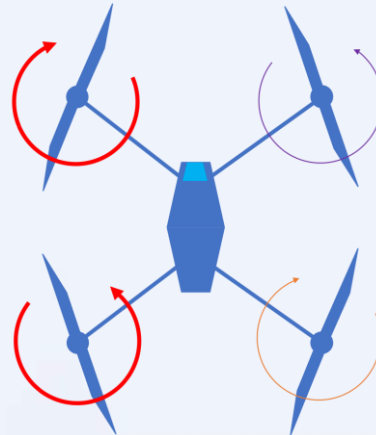


Projet dimensionnement des hélices

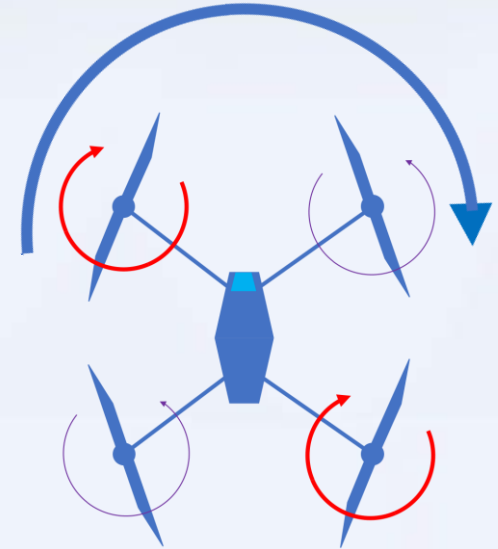
Montée/Descente



Roulis



Rotation sens horaire

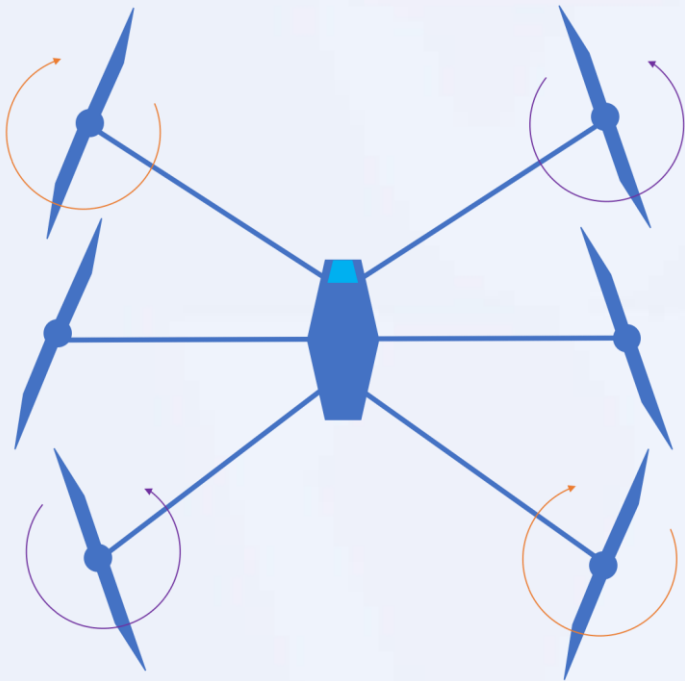


29/04/2020

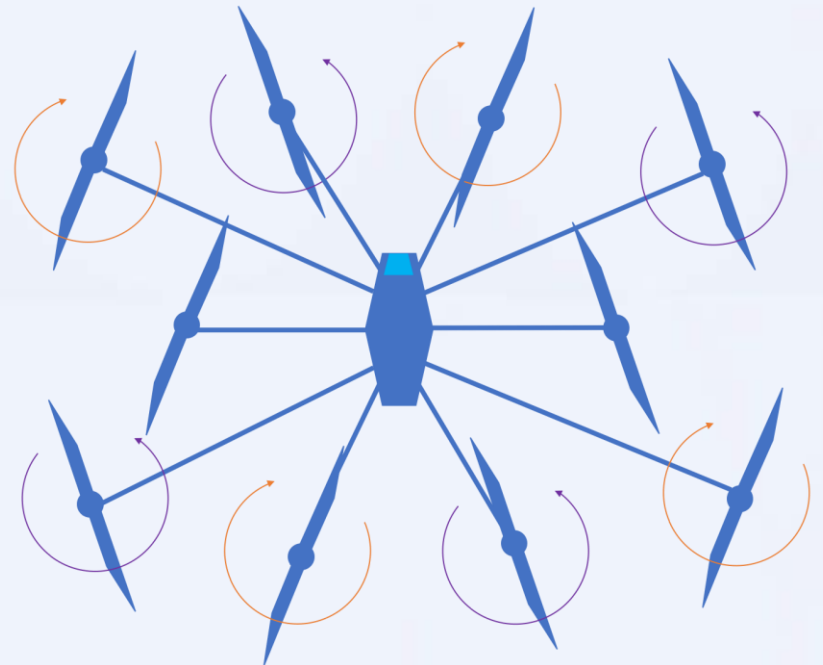
# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Fonctionnement d'un drone

Adaptation au modèle 6 hélices



Adaptation au modèle 10 hélices

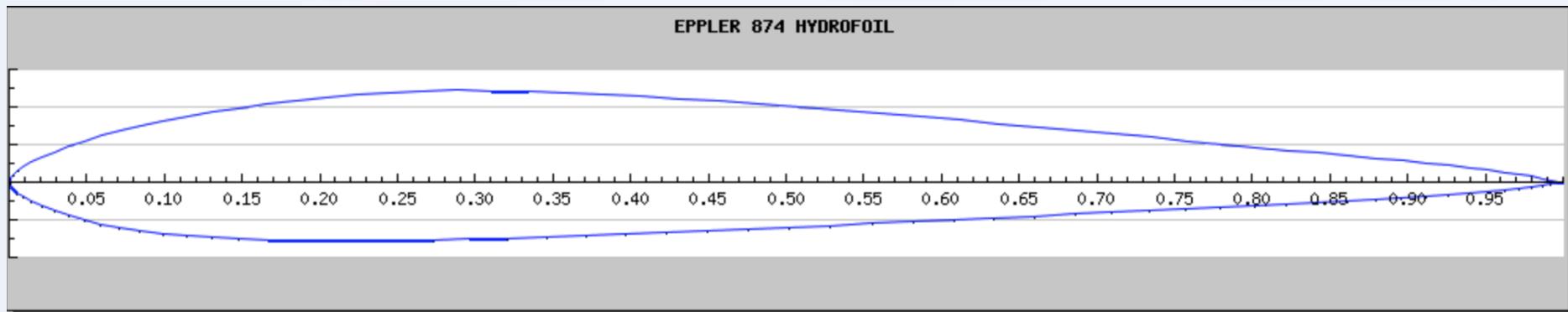




# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Profil Naca

Profil similaire :



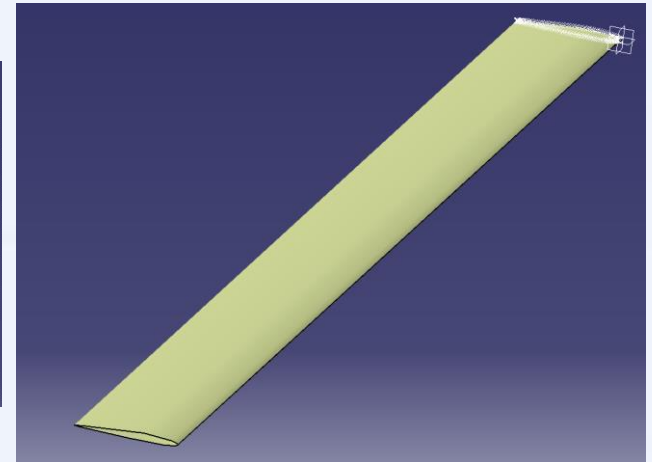
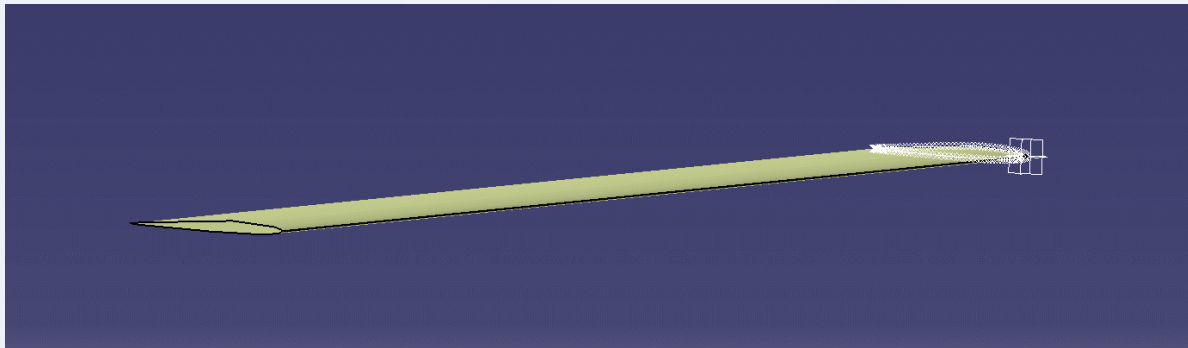
Caractéristiques de la pale :

Corde=9,3cm / Épaisseur 8mm / Longueur 160mm

# VALIDATION DES RESULTATS

## ❖ Profil Naca

Modélisation 3D Catia



# CONCLUSION & AXE D'AMÉLIORATION

## Conclusion :

- ✓ Un projet constructif et Innovant
- ✓ Mise en pratique de nos connaissances vues en cours
- ✓ Découverte de nouveaux projets innovants
- ✓ Participer à un travail collaboratif

## Axe d'amélioration :

- ✓ Meilleure répartition du travail à effectuer
- ✓ Mieux approfondir notre étude
- ✓ Plus de rigueur lors de nos hypothèses de calcul

# ANNEXES

# ANNEXE: DESCRIPTIF DU MINI-BEE

## Proto R1

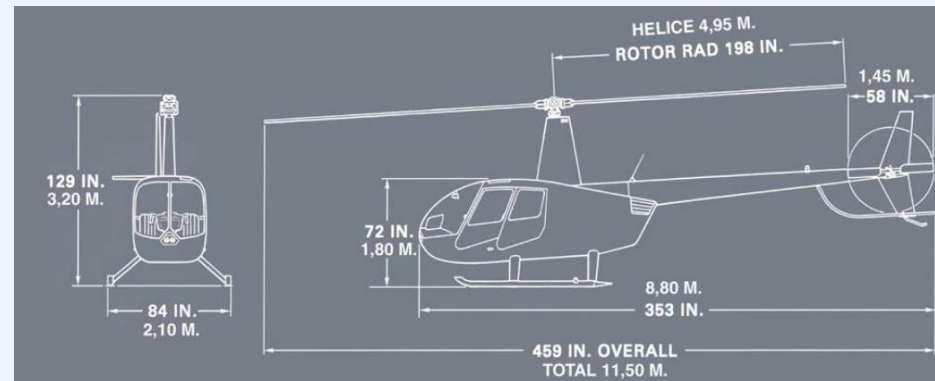
Nombre de places	Pilote et 1 passagers
Vitesse de croisière	148 Km/h
Rayon d'action	400 Km
Nbr d'hélices	6
Poids	550 Kg
Longueur du fuselage	10 m
Hauteur	2m50
Largeur	10 m
Diamètre rotor	3,6 m
Moteur	1*Rotax 915 IS (avec 1 Emrax)
Puissance au décollage	112 cv

## Proto R2

Nombre de places	Pilote et 3 passagers
Vitesse de croisière	200 Km/h
Rayon d'action	800 Km
Nbr d'hélices	10
Poids	1100 Kg
Longueur du fuselage	10 m
Hauteur	2m50
Largeur	10 m
Diamètre rotor	3,6 m
Moteur	2* Rotax 915 IS (avec 2 Emrax)
Puissance au décollage	224 cv

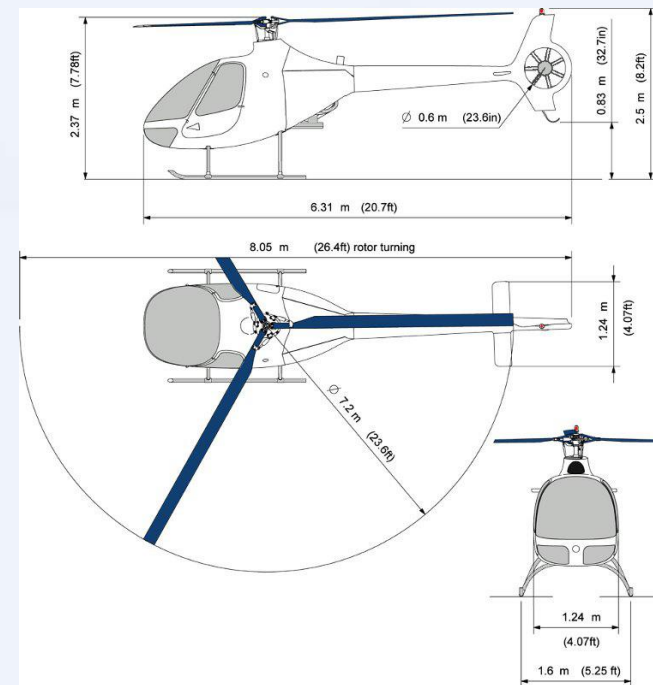
# ANNEXE: DESCRIPTIF DU R44

Nombre de places	Pilote et 3 passagers
Vitesse de croisière	209 Km/h
Rayon d'action	740 Km
Autonomie	03H30
Poids	1087 Kg
Longueur du fuselage	11,65 m
Hauteur	3,27 m
Largeur	1,28 m
Diamètre rotor principal	10,06 m
Diamètre rotor anti-couple	1,47 m
Moteur	Lycoming O-540-F1B 6 cylindre
Puissance au décollage	225 hp
Contenance en carburant	30 gal/ 116 L



# ANNEXE: DESCRIPTIF DU CABRI G2

Nombre de place	Pilote et 1 passagers
Vitesse de croisière	148 Km/h
Rayon d'action	700 Km
Autonomie	5H40
Poids	700 Kg
Longueur du fuselage	8,05 m
Hauteur	2,37 m
Largeur	1,6 m
Diamètre rotor principal	7,2m
Diamètre rotor anti-couple	1,2 m
Moteur	Lycoming O-360
Puissance au décollage	145 cv
Contenance en carburant	170 L



# ANNEXE : THÉORIE DE FROUDE

	Unité	Cabri G2	R1H6D32	R1H6D34	R1H6D36	Robinson R44	R2H10D32	R2H10D34	R2H10D36	Vahana	Lilium Jet	Bartini Flying Car
M : Masse	kg	700	550	550	550	1087	1100	1100	1100	815	600	1100
$\Omega$ : Vitesse de rotation	rad/s	55,5	81,15	81,15	81,15	41,35	81,15	81,15	81,15	200	1300	224,14
Nb : Nombre de pales	Sans dimension	3	12	12	12	2	20	20	20	24	12	12
R : Rayon du disque	m	3,6	1,6	1,7	1,8	5,03	1,6	1,7	1,8	0,65	0,1	0,58
l : La corde	m	0,18	0,093	0,093	0,093	0,254	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
S : Surface du disque	m <sup>2</sup>	40,72	48,25	54,48	61,07	79,49	80,42	90,79	101,79	10,62	1,13	8,45
$\psi$	Sans dimension	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,14	0,10	0,08
Fn	N	6860	5390	5390	5390	10652,6	10780	10780	10780	7987	5880	10780
Nbr : Nombre de rotors	Sans dimension	1	6	6	6	1	10	10	10	8	36	8

**Nos paramètres sont cohérents avec ceux des autres hélicoptères et projets**