

# ETUDE MECA3D DU DRONE PARROT

## Présentation

L'AR.Drone est un quadricoptère constitué d'un cockpit central, de quatre hélices motorisées et de deux petites caméras (Fig. 1). La première, positionnée sous la structure, permet de mesurer la vitesse de l'appareil et de réaliser des vols stationnaires, tandis que la seconde, en position frontale, retransmet en continu ce qu'elle filme sur l'écran d'un smartphone ou d'une tablette compatible iOS et Android. Ces images sont retransmises en temps réel au pilote au sol. La liaison entre le quadricoptère et le terminal mobile de l'utilisateur est assurée par une connexion Wi-Fi.

Grâce à l'accéléromètre, système capable de réagir aux mouvements de l'utilisateur, l'AR.Drone se pilote en inclinant son terminal mobile vers l'avant (pour avancer), ou sur le côté (pour effectuer un virage). Des commandes tactiles à l'écran permettent également de réaliser des figures plus complexes, comme monter, descendre, reculer, pivoter, etc.

Pour protéger l'appareil en cas de choc contre un obstacle (fig. 2), Parrot dispose d'une protection entourant les hélices ainsi que le cockpit. La structure a également été conçue pour réduire la prise au vent lors des vols en extérieur.



Fig. 1



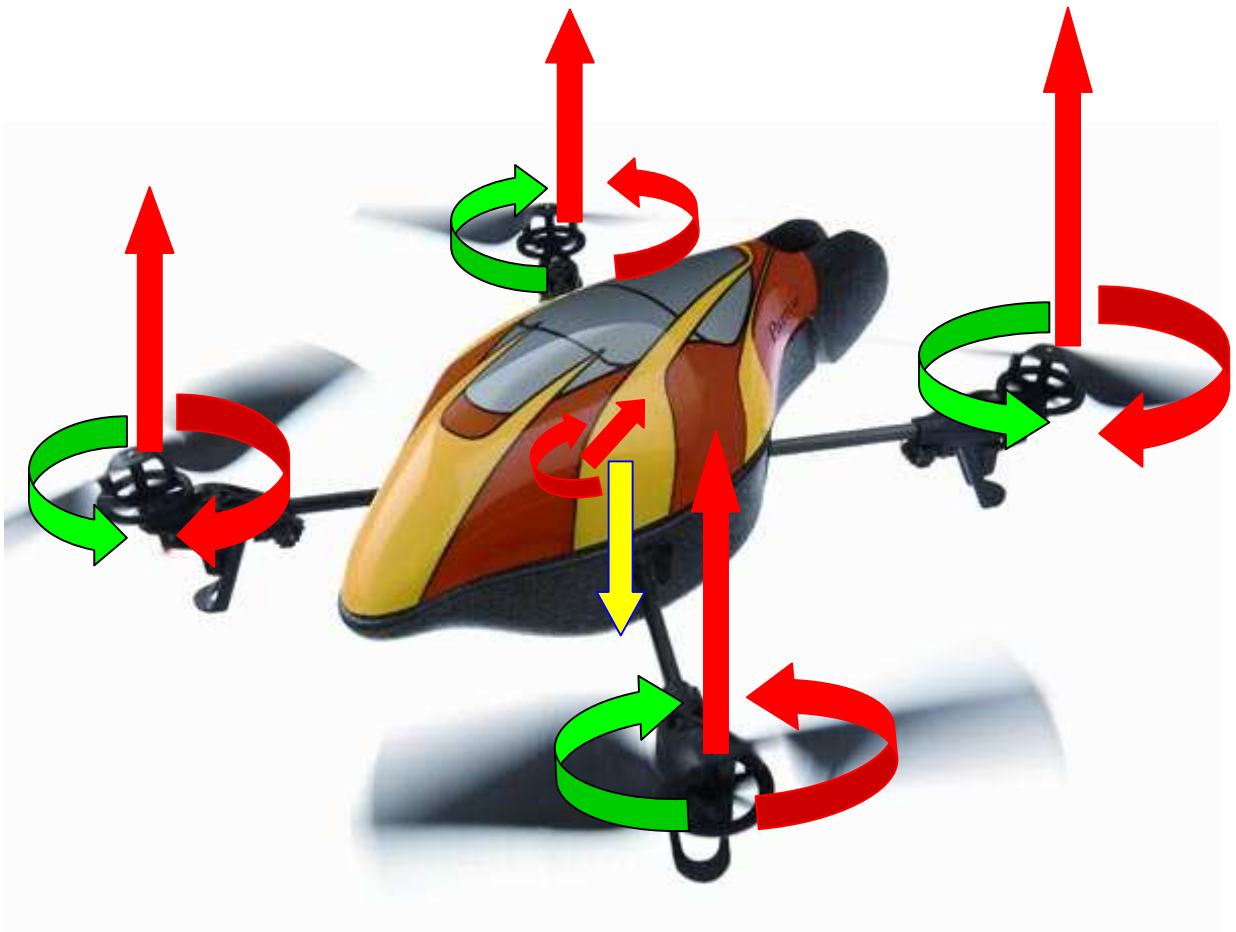
Fig. 2

## Principe de fonctionnement

En tournant, les hélices créent des forces de sustentation permettant au drone de se mouvoir dans l'espace.

Mais le couple induit par l'action de chaque moteur sur le rotor tend à faire tourner le drone sur lui-même. Pour compenser ces couples induits, 2 hélices opposées tournent dans le sens horaire et les 2 autres dans le sens antihoraire.

## Efforts extérieurs agissant sur le drone



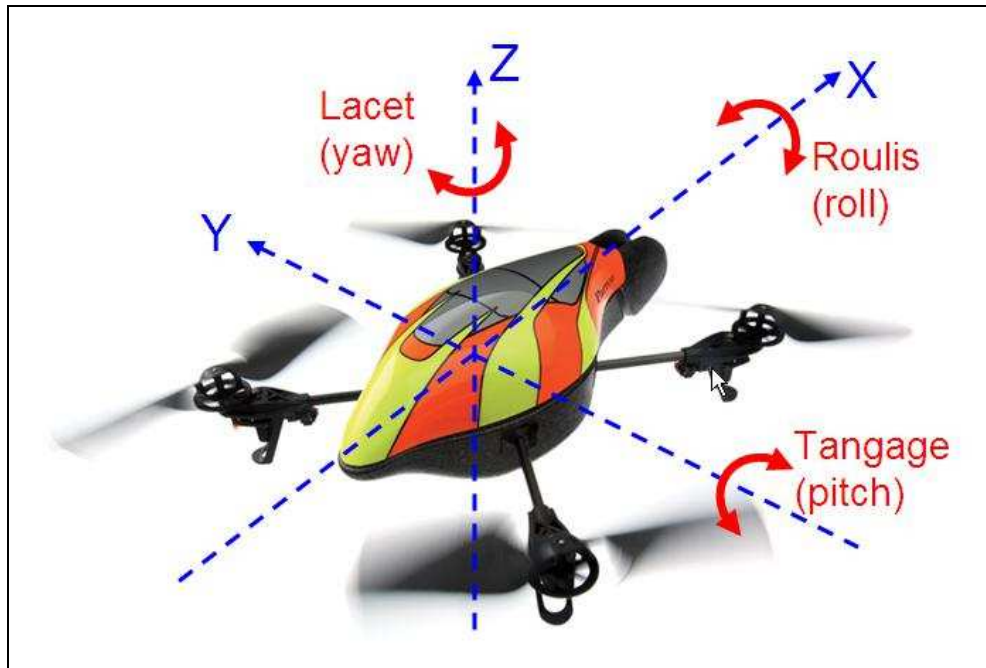
**Fig. 3 : efforts extérieurs agissant sur le drone**

En vert : sens de rotation des hélices

En rouge : efforts aérodynamiques agissant sur les hélices et le cockpit

En jaune : effort de pesanteur sur le drone

## Pilotage du drone



### Déplacement vertical

Pour modifier l'**altitude** du drone, il suffit de faire varier simultanément la vitesse de rotation des 4 hélices.

### Déplacements avant arrière, droite gauche

Il suffit de donner une inclinaison du drone vers l'avant pour le faire avancer (**tangage**), et sur le côté (**roulis**) pour une translation à droite ou à gauche. La résultante des efforts de sustentation présente alors une composante dans le plan horizontal.

**Le tangage** avant s'obtient en diminuant la vitesse de rotation des hélices avant et en augmentant la vitesse de rotation des hélices arrière (ainsi la somme des 4 efforts verticaux est inchangée et cela permet de conserver l'altitude).

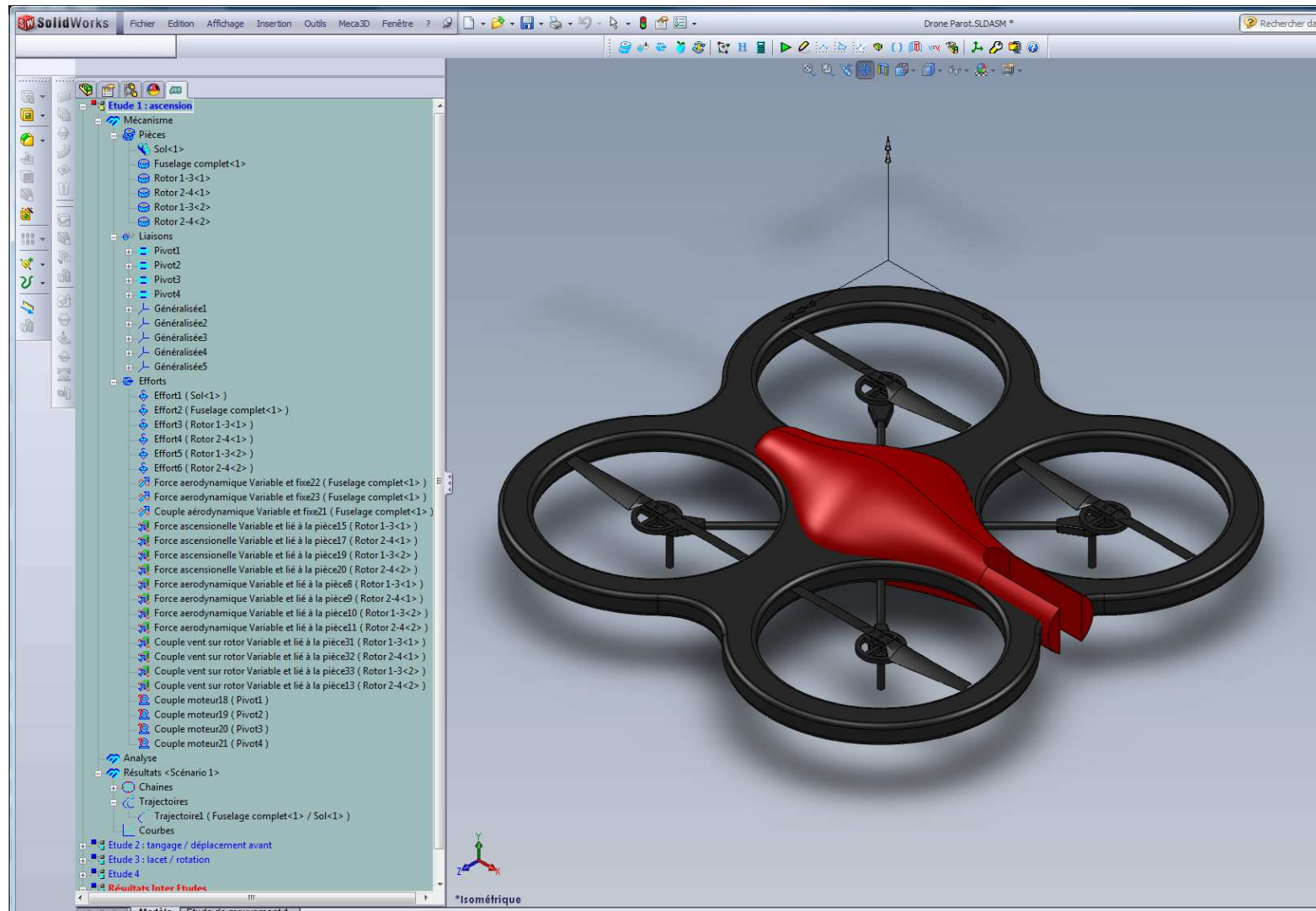
**Le roulis** sur la gauche s'obtient en diminuant la vitesse de rotation des 2 hélices gauches et en augmentant la vitesse de rotation des 2 hélices droites.

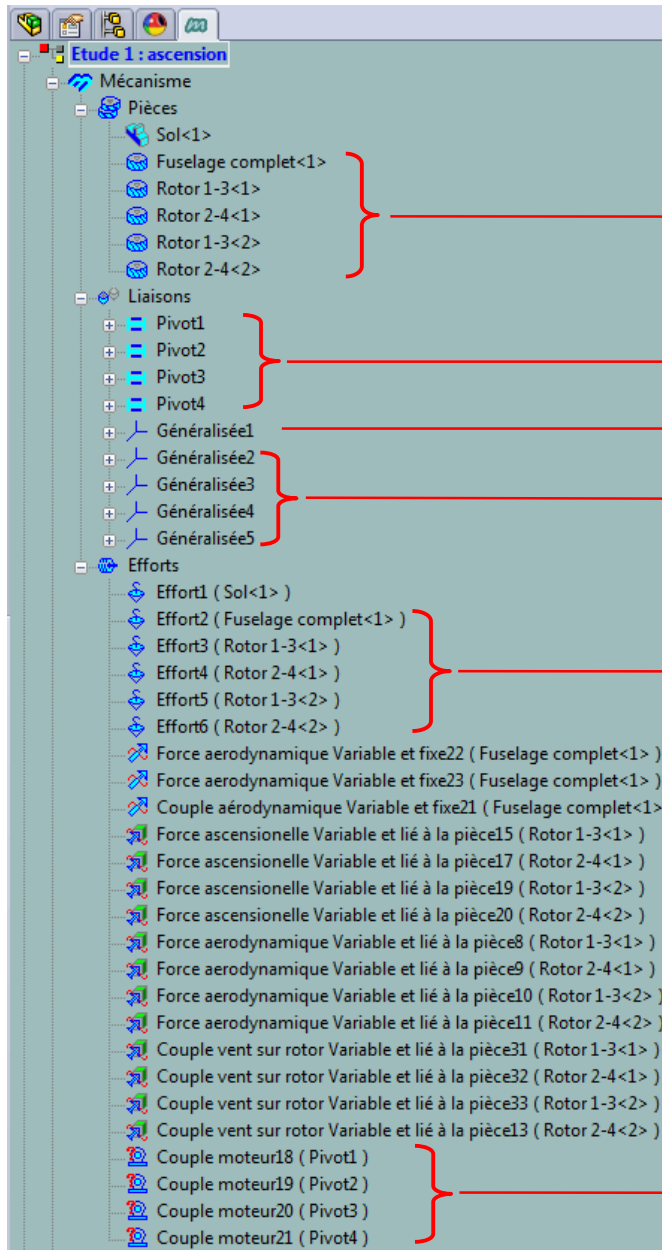
### Rotation sur son axe de lacet

**Le lacet** dans le sens horaire s'obtient en augmentant la vitesse de rotation des hélices avant droite et arrière gauche et en réduisant la vitesse de rotation des hélices avant gauche et arrière droite. Le moment résultant en projection sur l'axe vertical des couples exercés par l'air sur le drone est alors négatif.

# Etude avec MECA3D

## Modèle SOLIDWORKS-MECA3D





Le drone constitué d'un fuselage et de 4 rotors

Liaisons pivots entre le fuselage et les rotors

Liaison permettant de repérer le fuselage par rapport au sol

Liaisons permettant de repérer les rotors par rapport au sol

Actions de la pesanteur

Forces de traînée aérodynamique sur le fuselage

Forces de portance aérodynamique sur les rotors

Forces de traînée aérodynamique sur les rotors

Couples moteurs inconnus exercés sur les rotors

**Hypothèses** : dans un but de simplification de l'étude, les efforts aérodynamiques agissant sur les hélices sont supposés proportionnels aux vitesses de rotation.

Voir les fichiers courbes : Couple aérodynamique fuselage.crb,  
Couple aérodynamique rotor.crb,  
Force aérodynamique fuselage.crb,  
Force aérodynamique rotor.crb  
Force ascensionnelle .crb

NB : le mot « ascensionnelle » dans le modèle Méca3D doit être remplacé par « ascensionnelle ».

## Simulations

### Etude 1 : ascension

Pour cette étude, on impose les lois de vitesse variable :

« Vitesse rotation +300+350.crb » dans les pivots AV-D et AR-G

« Vitesse rotation -300-350.crb » dans les pivots AV-G et AR-D

les six mouvements de la liaison généralisée fuselage/sol étant libres.

La vitesse passe de 300 tr/min à 350 tr/min puis revient à 300 tr/min dans les pivots AV-D et AR-G, et de -300 tr/min à -350 tr/min puis -300 tr/min dans les pivots AV-G et AR-D.

On constate que le drone monte puis se stabilise à une nouvelle altitude.

### Etude 2 : tangage / déplacement avant

Pour cette étude, on impose les lois de vitesse variable :

« Vitesse rotation +300+295.crb » dans la pivot AV-D

« Vitesse rotation -300-295.crb » dans la pivot AV-G

« Vitesse rotation +300+305.crb » dans la pivot AR-G

« Vitesse rotation -300-305.crb » dans la pivot AR-D

les six mouvements de la liaison généralisée fuselage/sol étant libres.

La vitesse passe, en valeur absolue, de 300 tr/min à 295 tr/min puis revient à 300 tr/min dans les pivots AV, et de 300 tr/min à 305 tr/min puis 300 tr/min dans les pivots AR.

Il y a réduction des forces portantes sur l'avant et accroissement de celles-ci sur l'arrière. Le drone bascule vers l'avant et ainsi, les forces portantes étant inclinées par rapport à la verticale, le drone est propulsé vers l'avant.

### Etude 3 : lacet / rotation

Pour cette étude, on impose les lois de vitesse variable :

« Vitesse rotation +300+299.crb » dans la pivot AV-D

« Vitesse rotation -300-301.crb » dans la pivot AV-G

« Vitesse rotation +300+299.crb » dans la pivot AR-G

« Vitesse rotation -300-301.crb » dans la pivot AR-D

les six mouvements de la liaison généralisée fuselage/sol étant libres.

La vitesse passe, en valeur absolue, de 300 tr/min à 299 tr/min puis revient à 300 tr/min dans les pivots AV-D et AR-G, et de 300 tr/min à 301 tr/min puis 300 tr/min dans les pivots AV-G et AR-D.

Le moment résultant en projection sur l'axe vertical des couples exercés par l'air sur le drone est alors positif : le drone tourne autour de cet axe dans le sens trigonométrique.

#### Etude 4

Pour cette étude, on impose les lois de vitesse variable :

« Vitesse rotation  $+300+295.crb$  » dans la pivot AV-D

« Vitesse rotation  $-300-305.crb$  » dans la pivot AV-G

« Vitesse rotation  $+300+305.crb$  » dans la pivot AR-G

« Vitesse rotation  $-300-305.crb$  » dans la pivot AR-D

les six mouvements de la liaison généralisée fuselage/sol étant libres.

Il y a une perte de portance sur le rotor AV-D, le drone descend en tournant sur lui-même (descente en vrille).