

Modélisation formelle de systèmes de drone civils

à l'aide de méthodes probabilistes paramétrées

BAO Ran (Eva)

12/01/2018



Sommaire

- 1 Introduction et Contexte
- 2 Sécurité de drone
- 3 Composant du drone
- 4 Modèle



Introduction et Contexte



Pour avion

Les normes ED-12C et **DO-178C** (Software considerations in airborne systems and equipment certification) développées en commun et éditées respectivement par EUROCAE et RTCA Inc., **fixent les conditions de sécurité applicables aux logiciels critiques de l'avionique dans l'aviation commerciale et l'aviation générale.** Elles précisent notamment les contraintes de développement liées à l'obtention de la certification d'un logiciel d'avionique.



Niveaux de Criticité

- **Niveau A** : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème catastrophique - Sécurité du vol ou atterrissage compromis - **Crash de l'avion.**
- **Niveau B** : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème majeur entraînant des dégâts sérieux voire **la mort de quelques occupants.**
- **Niveau C** : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème sérieux entraînant **un dysfonctionnement des équipements vitaux de l'appareil.**
- **Niveau D** : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer **un problème mineur sans effet sur la sécurité du vol.**
- **Niveau E** : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer **un problème sans effet sur la sécurité du vol.**



Défaillance du drone



FIGURE – Défaillance fonctionnement



Défaillance du drone



FIGURE – Défaillance fonctionnement



FIGURE – Défaillance attitude de drone





FIGURE – Hasard



UNIVERSITÉ DE NANTES

Composant du drone



matériel

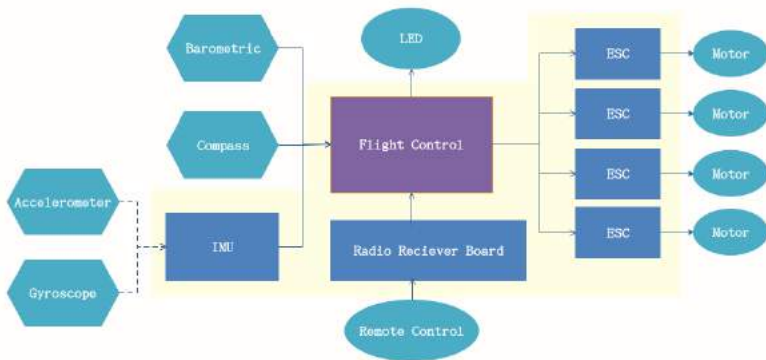
- Le LED
- Les batteries
- Les capteurs
- Les moteurs
- Les contrôleur Moteurs

logiciel (Contrôleur vol)

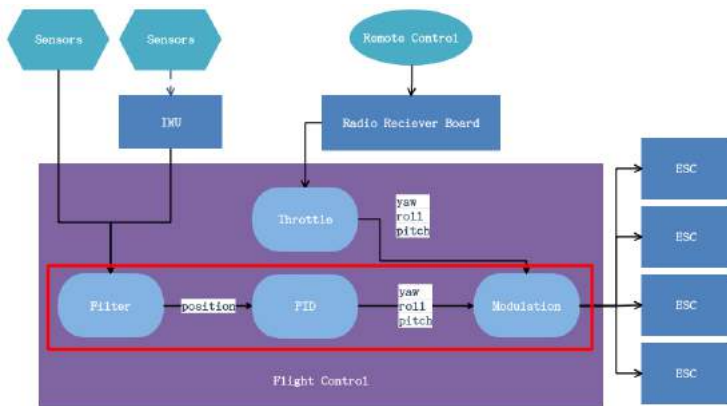
- Filtre
- PID
- Modulation



Modèle du drone



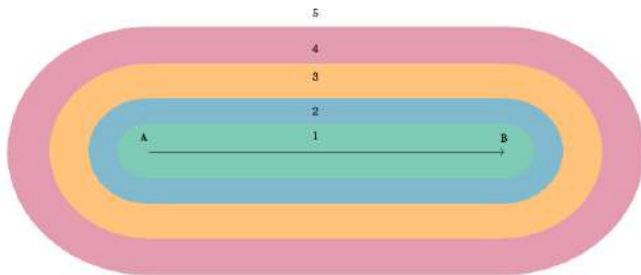
Modèle de systèmes de drone

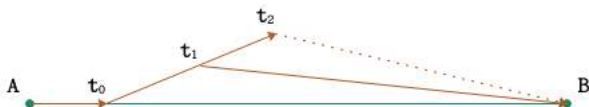
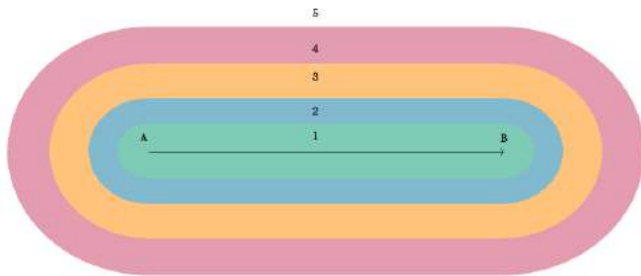


Filtre

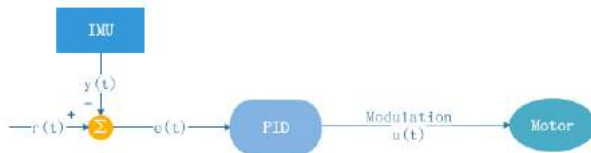


Dans le traitement du signal, un filtre est un appareil ou une fonction servant à **retirer** ou bien à **accentuer** ou **réduire** certaines parties du spectre sonore représentées dans un **signal**.

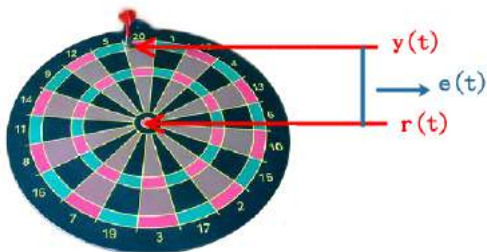




PID(Proportional Integral Derivative)



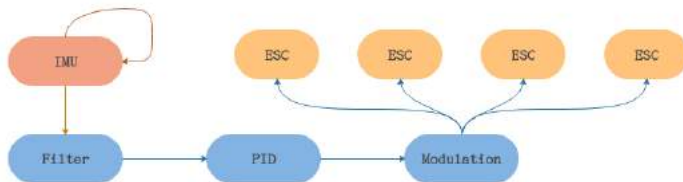
PID(Proportional Integral Derivative)



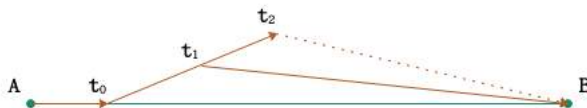
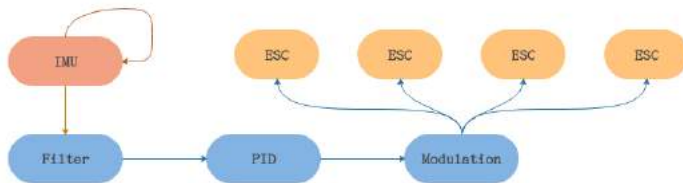
$$e(t) = \|r(t) - y(t)\| \quad (1)$$

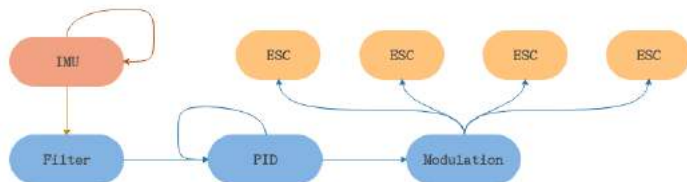


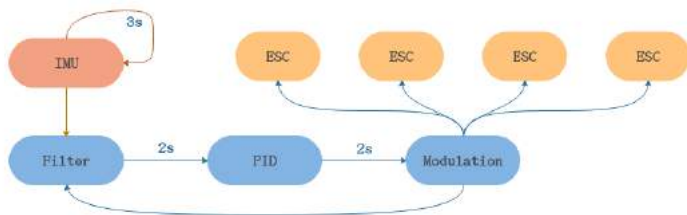
Modèle de systèmes de drone avec le temps

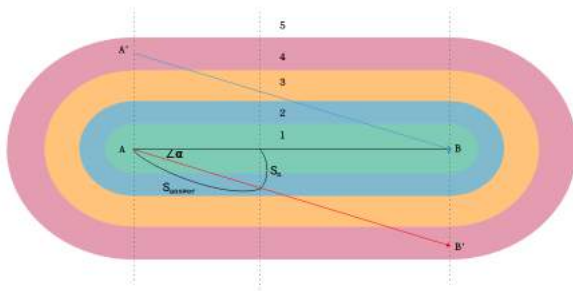


Modèle de systèmes de drone avec le temps

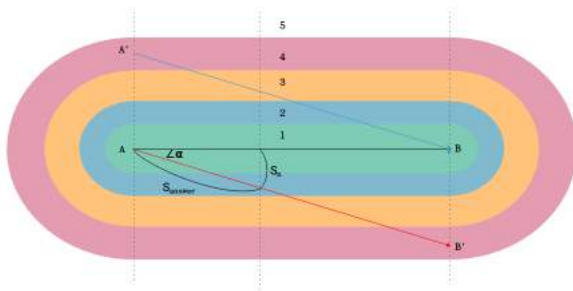








$$S_n = \sin \alpha * S_{answer} \quad (2)$$

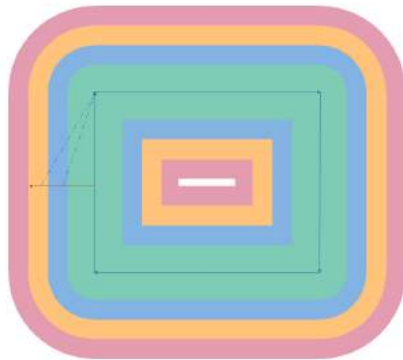
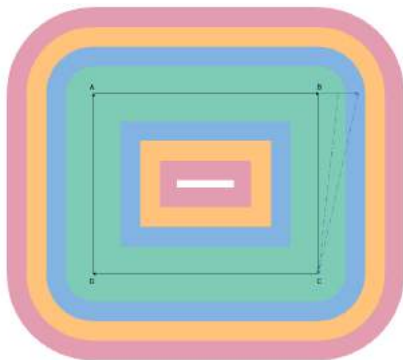


$$S_n = \sin \alpha * S_{answer} \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \frac{AA'}{A'B} = \frac{AA'}{\sqrt{AA'^2 + AB^2}} \quad (3)$$

$$S_{answer} = V * T_{answer} \quad (4)$$





The screenshot shows the PRISM 4.3.1 interface. The title bar reads "PRISM 4.3.1". The menu bar includes "File", "Edit", "Model", "Properties", "Simulator", "Log", and "Options". Below the menu bar is a toolbar with icons for navigation and simulation. The main window displays the PRISM Model File: `/home/eva/outil/prism-4.3.1-linux64/Eva_code/timeModel`.

The left sidebar shows a tree view with "Model: timeModelPresentat" expanded, containing "Type: DTMC", "Modules", and "Constants". Below this is a "Built Model" summary:

```

States: 1681
Initial states: 1
Transitions: 1771

```

The main editor shows the following code:

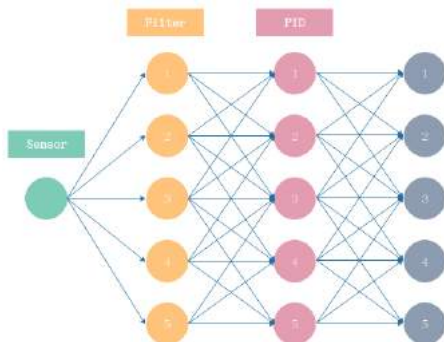
```

21 module T1ss
22
23     //0 initial
24     //1 imu
25     //2 filter
26     //3 pid
27     s : [0..4] init 0;
28
29     n_imu : [0..N] init 0; //tour
30     n_filter : [0..N] init 0;
31     n_pid : [0..N] init 0;
32
33     t_imu : [0..Tmax] init 0;
34     t_filter : [0..Tmax] init 0;
35     t_pid : [0..Tmax] init 0;
36     t_real : [0..Tmax] init 0;
37
38     doIMU: bool init false;
39     doFilter: bool init false;
40     doPID: bool init false;
41
42
43     //---[imu]---//
44
45     //finish

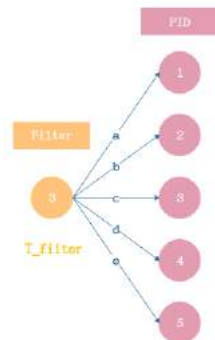
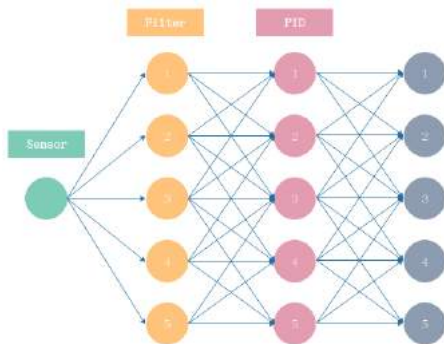
```

At the bottom, the status bar indicates "Verifying properties... done. [There were 4 warnings - see log for details]".

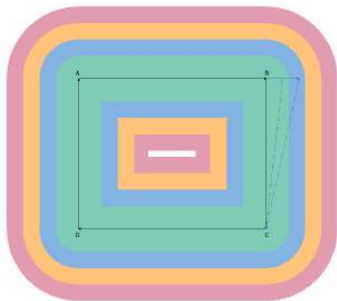
Modèle interactions entre les composants



Modèle interactions entre les composants



Temps de PID



$$T_{answer} \ll T_{StraightLine} \quad (5)$$

$$T_{answer} * X < T_{StraightLine} \quad (6)$$

$$T_{answer} = T_{filter} + T_{pid} + T_{modulation} + T_{other} \quad (7)$$

$$T_{pidMax} = \frac{T_{StraightLine}}{X} - T_{filter} - T_{modulation} - T_{other} \quad (8)$$

Stability: P, I ↓ D ↑
Precise: P, I ↑ D -
Speed: P, D ↑ I ↓

$$T_{pidMax} \Rightarrow \{P_{Min}^*, D_{Min}^*, I_{Max}^*\}$$

$$P_{Max}^*, I_{Max}^*$$



Stability: P, I ↓ D ↑
 Precise: P, I ↑ D -
 Speed: P, D ↑ I ↓

$$T_{pidMax} \Rightarrow \{P_{Min}^*, D_{Min}^*, I_{Max}^*\}$$

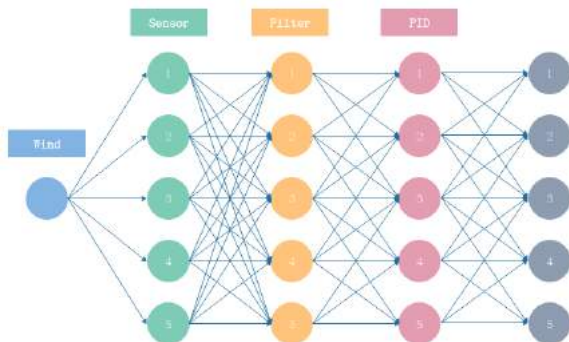
$$P_{Max}^*, I_{Max}^*$$

$$\{Filter, PID\} \xrightarrow{\text{model}} \{P_{zone1}, P_{zone2}, P_{zone3}, P_{zone4}, P_{zone5}\} \quad (9)$$

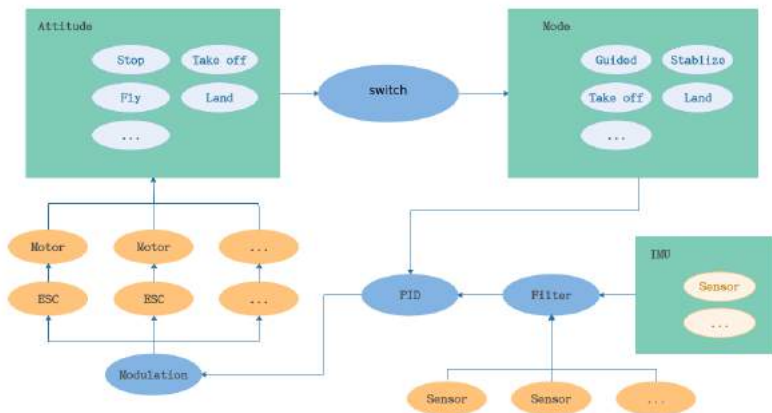
$$\{\{T_{filter}, Precise_{filter}\}, \{P_{Max}^*, I_{Max}^*\}\} \xrightarrow{\text{model}} \{P_{zone1}, P_{zone2}, P_{zone3}, P_{zone4}, P_{zone5}\} \quad (10)$$



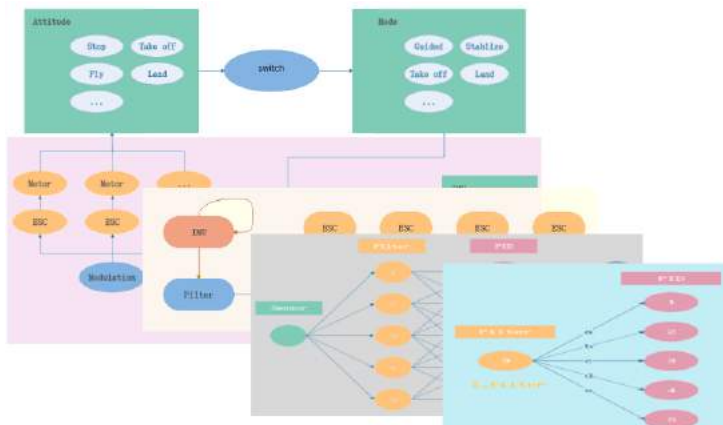
Impact du vent



Modèle complet du drone



Modèle complet du drone



Future

- $\{Filter, PID\} \xrightarrow{\text{model}} P_{zone}$
- $\{Vent, Filter, PID\} \xrightarrow{\text{model}} P_{zone}$
- Amélioration en organisation des composants du contrôle vol
- Algo de Filter
- Mode



Questions



Des questions ?

