



MUSe

A Smooth-turn Mobility Model for Airborn Networks [1]

**Vincent Autefage**

[autefage@labri.fr](mailto:autefage@labri.fr)



# Quelques définitions

## *Airborn Network (AN)*

Un AN est une **infrastructure de communications** pour **réseaux aériens**. Cela inclut l'ensemble des communications dites *en vol* :

- avion  $\leftrightarrow$  satellite
- avion  $\leftrightarrow$  avion
- avion  $\leftrightarrow$  station sol

## *Modèle de mobilité*

C'est une **représentation des mouvements** de chaque nœud d'un réseau mobile **au cours du temps** selon divers paramètres :

- Localisation,
- Vitesse,
- Accélération,
- etc.

# Quelques définitions

## *Airborn Network (AN)*

Un AN est une **infrastructure de communications** pour **réseaux aériens**. Cela inclut l'ensemble des communications dites *en vol* :

- avion  $\leftrightarrow$  satellite
- avion  $\leftrightarrow$  avion
- avion  $\leftrightarrow$  station sol

## *Modèle de mobilité*

C'est une **représentation des mouvements** de chaque nœud d'un réseau mobile **au cours du temps** selon divers paramètres :

- Localisation,
- Vitesse,
- Accélération,
- etc.

# Exemples de modèles de mobilité

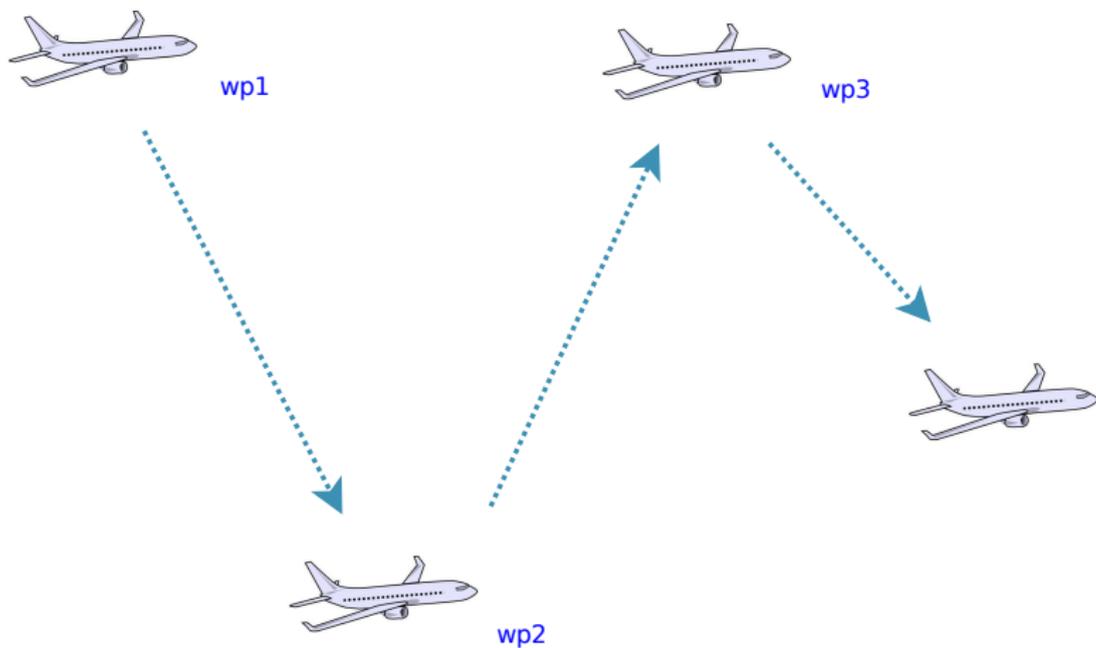


FIGURE: *Random Waypoint (RWP)*

# Exemples de modèles de mobilité

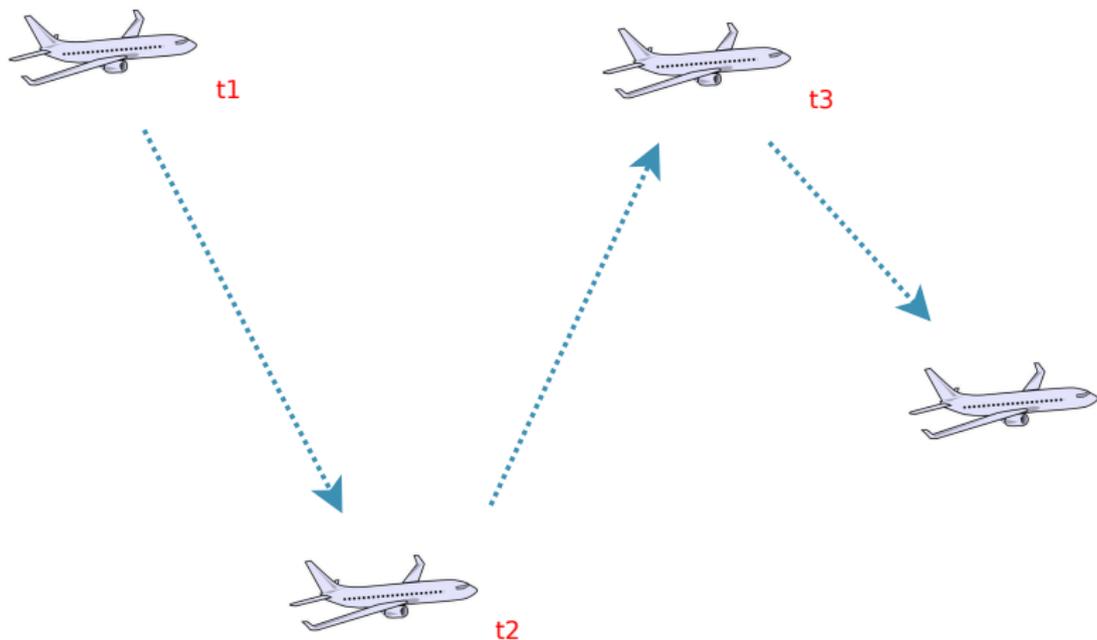


FIGURE: *Random Direction (RD)*

# De l'utilité d'un nouveau modèle

## Problème

RWP et RD sont **incompatibles avec les contraintes des avions**. En effet, la mécanique et l'aérodynamique de ces appareils ne leur permettent pas d'effectuer des **virages serrés**, (*sharp turns*), des **retours en arrière** ou des **changements de trajectoires trop fréquents**.

## Propriété

RD garantit une **distribution uniforme** des éléments mobiles dans un espace borné. Cela nous garantit une **bonne connectivité** du réseau tout au long de son existence. C'est une propriété importante par rapport à la **qualité des communications** [2, 3].

## Idée

Définir un nouveau **modèle dédié aux ANs** et prenant en compte leurs spécificités et maintenir l'**uniformité de la distribution**. C'est à dire prendre en compte des **virages en douceur** (*smooth turns*), de **grande envergure** et privilégier les **trajectoires rectilignes**.

# De l'utilité d'un nouveau modèle

## Problème

RWP et RD sont **incompatibles avec les contraintes des avions**. En effet, la mécanique et l'aérodynamique de ces appareils ne leur permettent pas d'effectuer des **virages serrés**, (*sharp turns*), des **retours en arrière** ou des **changements de trajectoires trop fréquents**.

## Propriété

RD garantit une **distribution uniforme** des éléments mobiles dans un espace borné. Cela nous garantit une **bonne connectivité** du réseau tout au long de son existence. C'est une propriété importante par rapport à la **qualité des communications** [2, 3].

## Idée

Définir un nouveau **modèle dédié aux ANs** et prenant en compte leurs spécificités et maintenir l'**uniformité de la distribution**. C'est à dire prendre en compte des **virages en douceur** (*smooth turns*), de **grande envergure** et privilégier les **trajectoires rectilignes**.

# De l'utilité d'un nouveau modèle

## Problème

RWP et RD sont **incompatibles avec les contraintes des avions**. En effet, la mécanique et l'aérodynamique de ces appareils ne leur permettent pas d'effectuer des **virages serrés**, (*sharp turns*), des **retours en arrière** ou des **changements de trajectoires trop fréquents**.

## Propriété

RD garantit une **distribution uniforme** des éléments mobiles dans un espace borné. Cela nous garantit une **bonne connectivité** du réseau tout au long de son existence. C'est une propriété importante par rapport à la **qualité des communications** [2, 3].

## Idée

Définir un nouveau **modèle dédié aux ANs** et prenant en compte leurs spécificités et maintenir l'**uniformité de la distribution**. C'est à dire prendre en compte des **virages en douceur** (*smooth turns*), de **grande envergure** et privilégier les **trajectoires rectilignes**.

# Modèles de mobilité existants pour les ANs

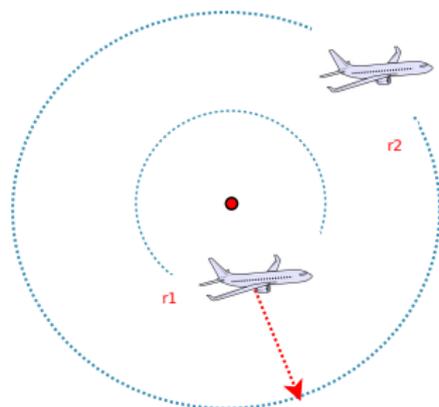


FIGURE: *Semi-Random Circular Movement* [4]

## SRCM

- Idéal pour les réseau d'UAVs.
- Dédié aux missions de *recherche et sauvetage* dans une zone restreinte et pré-déterminée.

# Modèles de mobilité existants pour les ANs

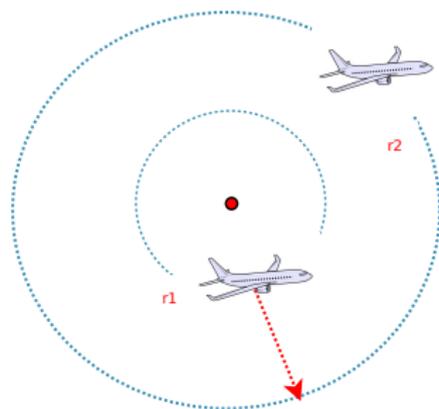


FIGURE: *Semi-Random Circular Movement* [4]

## SRCM

- Idéal pour les réseau d'UAVs.
- Dédié aux missions de *recherche et sauvetage* dans une zone restreinte et pré-déterminée.

# Modèles de mobilité existants pour les ANs

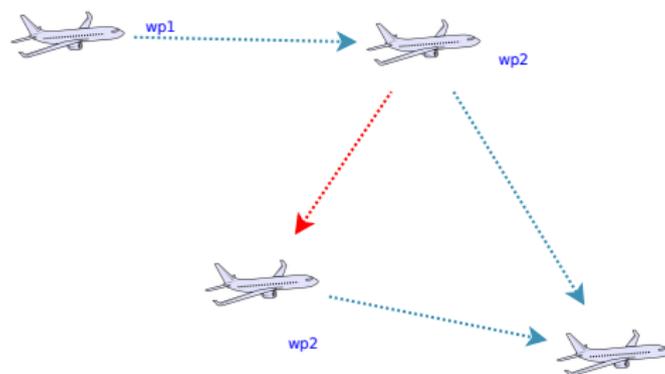


FIGURE: *Flight Plan-based* [5]

## FP

- Nécessite un plan de vol préalable.
- Dédié aux missions de *transport de marchandises*.

# Modèles de mobilité existants pour les ANs

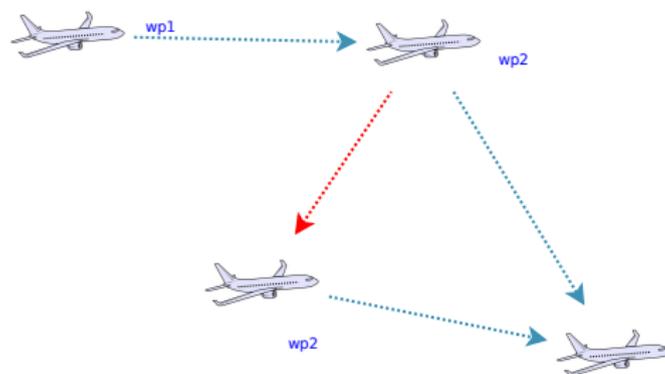


FIGURE: *Flight Plan-based* [5]

## FP

- Nécessite un plan de vol préalable.
- Dédié aux missions de *transport de marchandises*.

# Modèle de mobilité proposé pour les ANs de *patrouille*

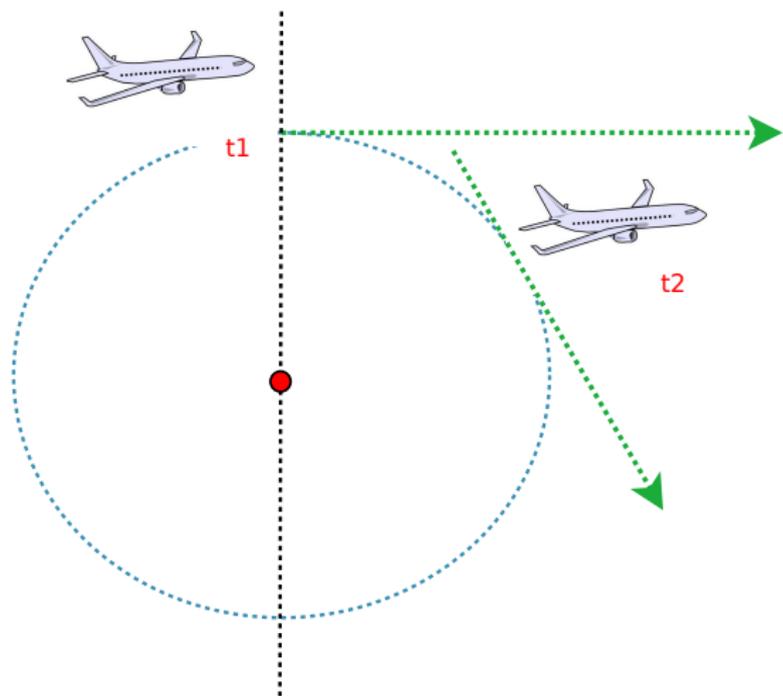
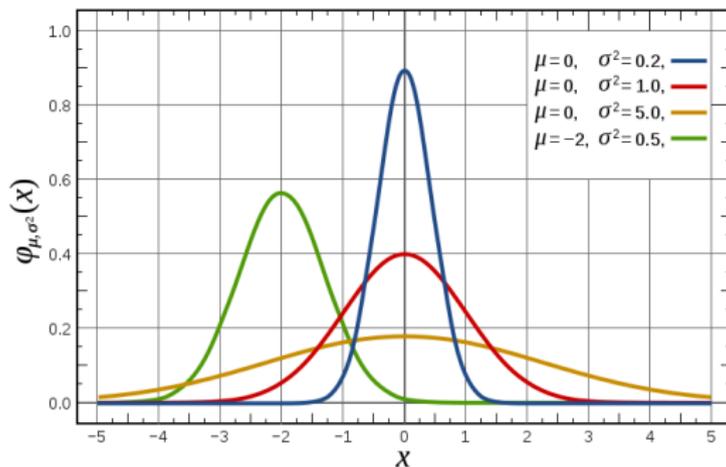


FIGURE: *Smooth Turn* (ST)

# Modèle de mobilité proposé pour les ANs de *patrouille*

## Propriétés

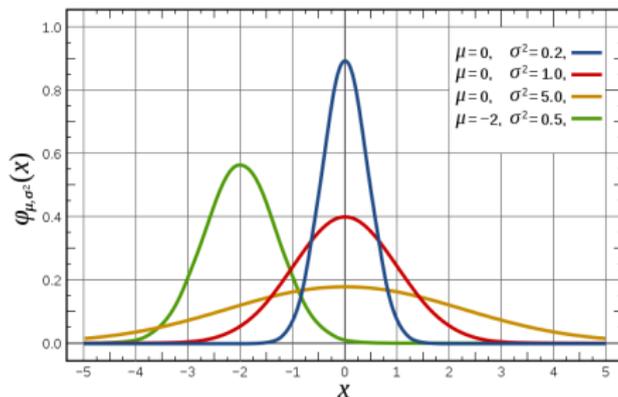
- Accélération tangentielle  $a_t$  nulle.
- Accélérations centripètes  $a_n(T_i)$ ,  $a_n(T_{i+1})$  potentiellement différentes.
- Inverse de la distance entre  $Centre(T_i)$  et  $Centre(T_{i+1})$  répond à une loi gaussienne.



# Modèle de mobilité proposé pour les ANs de *patrouille*

## Paramètres

- Vitesse  $V \in [80 - 800]$  Km/heure [5].
- Le temps de maintien d'un même centre  $\lambda$ .
- La variance  $\sigma^2$  de la loi gaussienne qui impact la sélection des nouveaux caps.
  - $\sigma^2 \rightarrow 0 \Leftrightarrow \text{Distance}(C_{T_i}, C_{T_{i+1}}) \nearrow \Leftrightarrow \text{Smooth} - \text{Turn}$
  - $\sigma^2 \rightarrow 1 \Leftrightarrow \text{Distance}(C_{T_i}, C_{T_{i+1}}) \searrow \Leftrightarrow \text{Sharp} - \text{Turn}$



# Modèle de mobilité proposé pour les ANs de *patrouille*

## Théorème 1

$n$  véhicules aériens  $\rightsquigarrow$  indépendamment dans un **espace borné** en appliquant le modèle de mobilité ST. Le **positionnement initial** de ces véhicules ainsi que les **angles de changement de caps** sont **uniformément distribués**

$\Rightarrow$  Ils le resteront  $\forall T_i$ .

## Théorème 2

$n$  véhicules aériens  $\rightsquigarrow$  indépendamment dans un **espace borné** en appliquant le modèle de mobilité ST. Le **positionnement** de ces véhicules est **uniformément distribué**,  $\lambda \in ]0, +\infty[$  et  $\sigma \neq 0$

$\Rightarrow$  Le **positionnement** de ces véhicules ainsi que les **angles de changement de caps** seront **uniformément distribués**.

# Modèle de mobilité proposé pour les ANs de *patrouille*

## Théorème 1

$n$  véhicules aériens  $\rightsquigarrow$  indépendamment dans un **espace borné** en appliquant le modèle de mobilité ST. Le **positionnement initial** de ces véhicules ainsi que les **angles de changement de caps** sont **uniformément distribués**

$\Rightarrow$  Ils le resteront  $\forall T_i$ .

## Théorème 2

$n$  véhicules aériens  $\rightsquigarrow$  indépendamment dans un **espace borné** en appliquant le modèle de mobilité ST. Le **positionnement** de ces véhicules est **uniformément distribué**,  $\lambda \in ]0, +\infty[$  et  $\sigma \neq 0$

$\Rightarrow$  Le **positionnement** de ces véhicules ainsi que les **angles de changement de caps** seront **uniformément distribués**.

# Conclusion

Le modèle de mobilité ST permet de **prendre en compte les spécificités** aérodynamiques et mécaniques **des avions** tout en **conservant les propriétés de connectivité** du modèle RD essentiels pour une **qualité de communications optimisée**.



# Références

- [1] Yan Wan, Kamesh Namuduri, Yi Zhou, Dayin He, and Shengli Fu.  
A smooth-turn mobility model for airborne networks.  
*In Proceedings of the first ACM MobiHoc workshop on Airborne Networks and Communications, Airborne '12*, pages 25–30, 2012.
- [2] G. Ravikiran and S. Singh.  
Influence of mobility models on the performance of routing protocols in ad-hoc wireless networks.  
*In Vehicular Technology Conference, 2004. VTC 2004-Spring. 2004 IEEE 59th*, volume 4, pages 2185–2189, may 2004.
- [3] P. Nain, D. Towsley, Benyuan Liu, and Zhen Liu.  
Properties of random direction models.  
*In INFOCOM 2005. 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings IEEE*, volume 3, pages 1897–1907, march 2005.
- [4] Wei Wang, Xiaohong Guan, Beizhan Wang, and Yaping Wang.  
A novel mobility model based on semi-random circular movement in mobile ad hoc networks.  
*Inf. Sci.*, 180(3) :399–413, February 2010.
- [5] A. Tiwari, A. Ganguli, A. Sampath, D.S. Anderson, B.-h. Shen, N. Krishnamurthi, J. Yadegar, M. Gerla, and D. Krzysiak.  
Mobility aware routing for the airborne network backbone.  
*In Military Communications Conference, 2008. MILCOM 2008. IEEE*, pages 1–7, nov. 2008.

