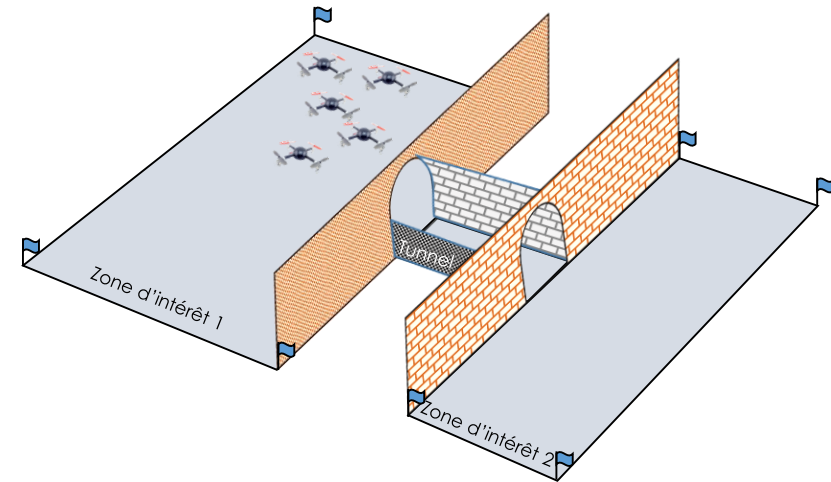


THALES



Optimisation multicritère de mission
d'un essaim compact
de drones autonomes
en environnement complexe



Ema Falomir
Directeur : Serge Chaumette
Encadrant : Gilles Guerrini
29/03/2017



Optimisation multicritère de mission d'un essaim compact de drones autonomes en environnement complexe

EMA FALOMIR
DIRECTEUR : SERGE CHAUMETTE
ENCADRANT : GILLES GUERRINI
29/03/2017



Parcours

- École d'ingénieurs ENSEIRB-MATMECA, en Mathématiques et Mécanique ¹
 - Membre d'EirSpace : club aéronautique et spatial ²
- Master Recherche en Mathématiques Appliquées
- 2 stages à Thales :
 - Traitement de signaux radar
 - Introduction de la thèse

Thèse

- Sujet élaboré conjointement par Thales et le LaBRI
- Débutée en novembre 2016 (5 mois)
- TD en L3 informatique
- Participation ponctuelle à ASIMUT

Contexte de la thèse

- Contexte opérationnel
- Scénario
- Objectifs

État de l'Art

- Systèmes existants
- Insertion projets GIS

Modèles de mobilité

- Modèle développé
- Modèle à venir

Conclusion



Contexte de la thèse



Drones

- *Dull, Dangerous, Dirty*
- Développement dans des domaines variés
 - Militaire : drones de surveillance, armés...
 - Civil : distraction, outils de capture vidéo...
- Utilisation majoritaire actuelle : un drone pour une mission



Essaim de drones

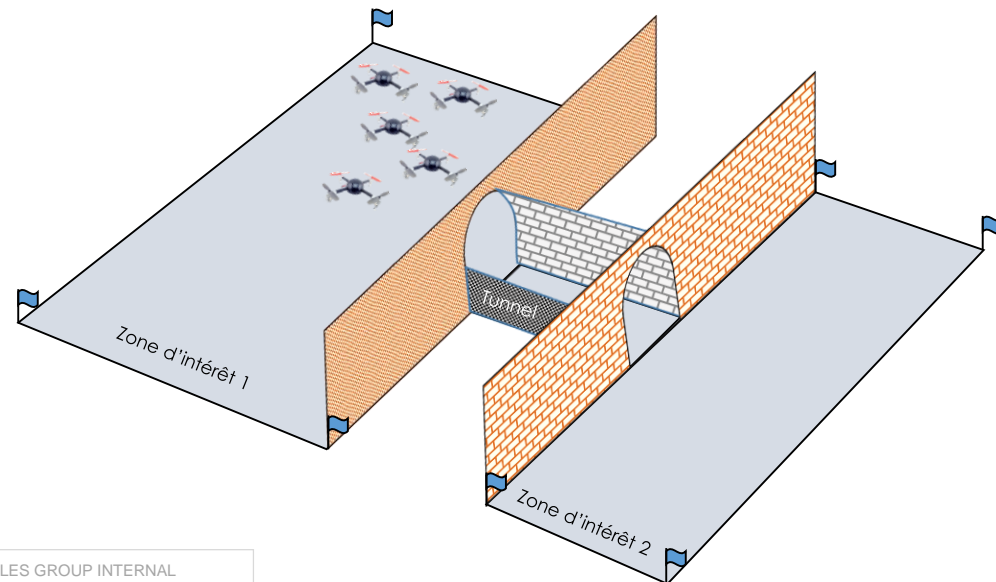
- Utilisé pour la surveillance de zone étendue, le transport de charge lourde...
- Peut être hétérogène (drones sous-marins, terrestres et aériens)
- Permet une pluralité de capteurs
- Est moins coûteux qu'un seul drone embarquant tous les capteurs
- Permet une résilience du système
- Peut être considéré comme un unique organisme avec une intelligence collective
 - Différent du multiplateformes

Mission de surveillance

- Réalisée par un essaim de drones
- Deux zones d'intérêt, séparées par un tunnel

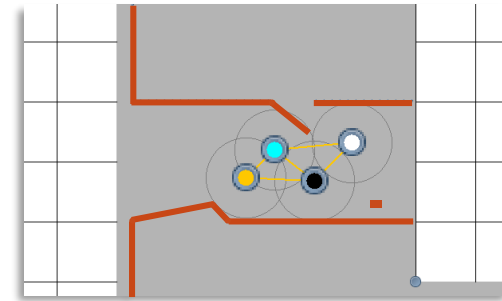
Mode d'utilisation de l'essaim

- Collaboration inter-drones
- Autonomie vis-à-vis d'entités extérieures
- Mise en compacité
- Gestion des obstacles



Objectif 1

- Définir un modèle de déplacements des drones permettant à l'essaim autonome de remplir la mission



Objectif 2

- Prendre en compte de contraintes matérielles et créer un démonstrateur



Calcul des plans de vol

	Centralisé	Distribué
Offline	Adaptations impossibles	Adaptations impossibles
Online	Nécessite des mises à jour des plans de vol de tout l'essaim par un seul point d'accès	- Adaptations possibles en temps réel - Chaque drone calcule son propre plan de vol

Stratégies *online* et distribuées

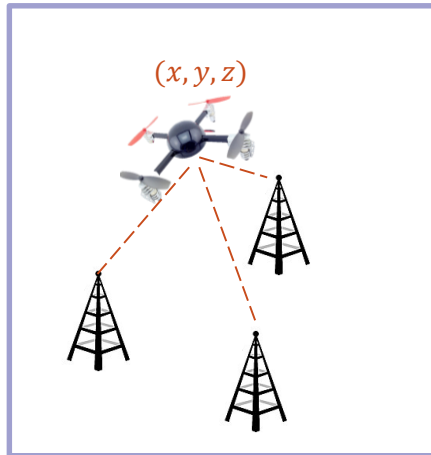
- Phéromones [1]
- Forces virtuelles [2], [3]
- Apprentissage [4]
- ...

État de l'Art



Démonstrations d'essais de drones

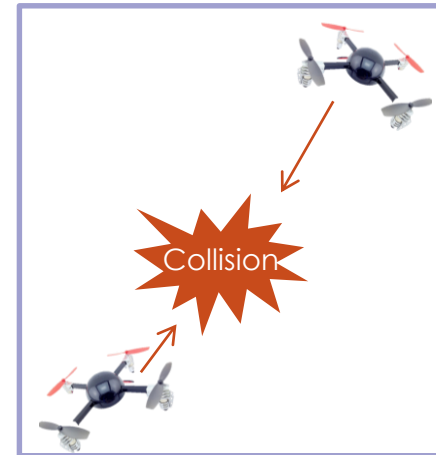
➤ Mini drones évoluant dans des parcours complexes, réalisant des chorégraphies...



Positionnement
à partir de balises



Décisions prises au sol



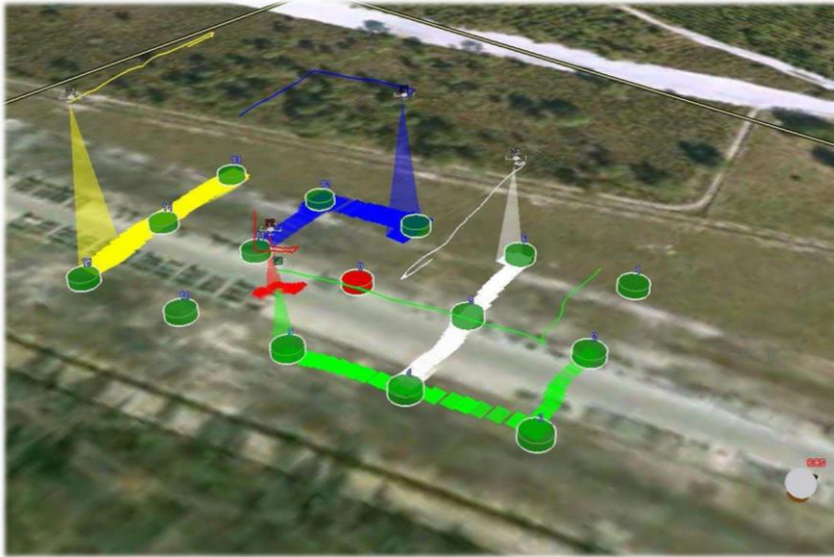
Absence de système de
détection et évitement

Essaim de 103 mini-drones testé par les US ¹

Projets CARUS & ASIMUT

➤ Surveillance de zones par des multirotores, avec gestion d'incidents

Pas d'obstacles
Pas de compacité

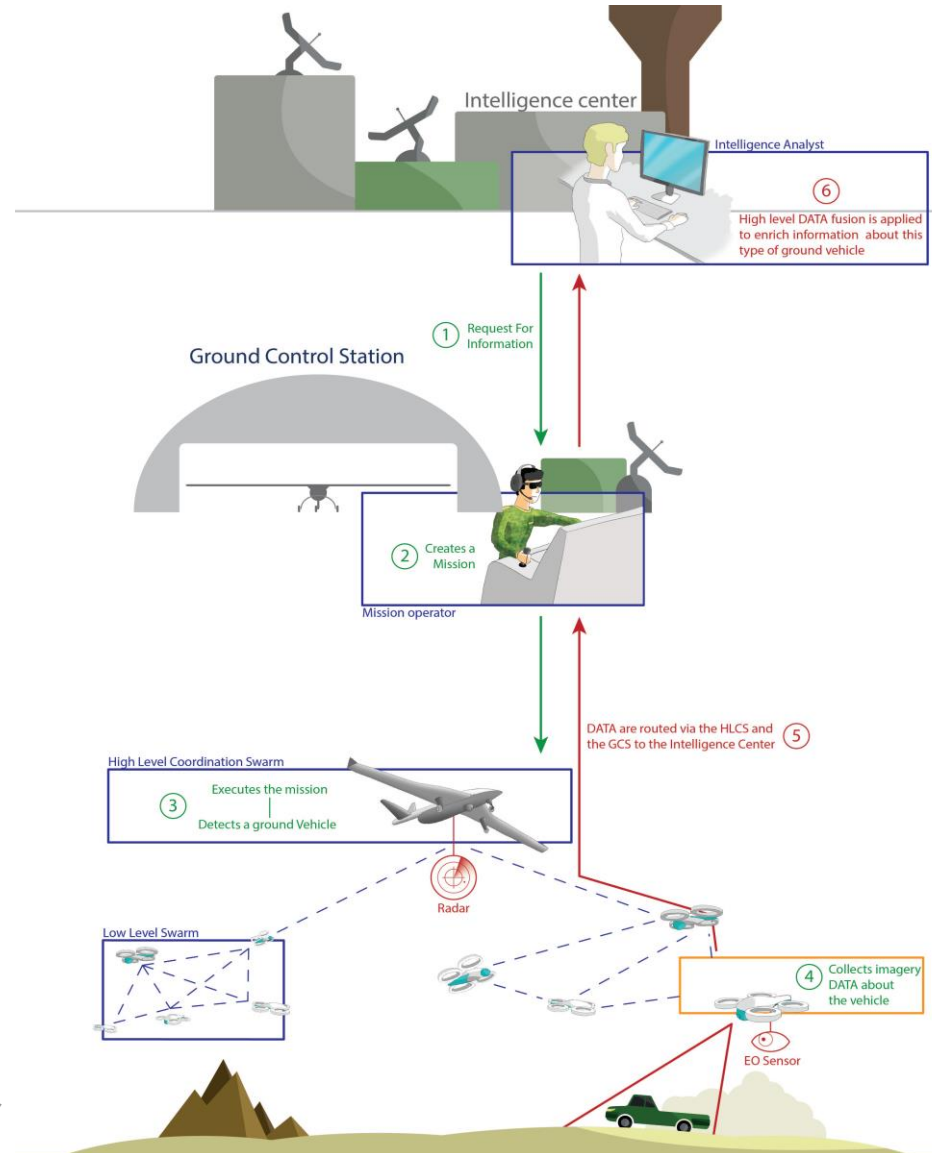


Projet CARUS : surveillance de points d'intérêt

Cooperative Autonomous Reconfigurable UAV Swarm

Projet ASIMUT** : surveillance de zone et tracking de cible mobile

Aid to Situation Management based on MULTImodal, MULTiUAVs, MULTilevel acquisition Techniques



Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.

Modèles de mobilité

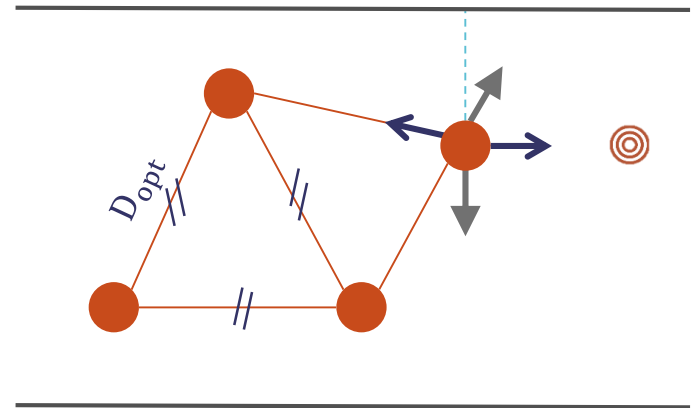


Forces virtuelles

- Attraction-répulsion entre drones
 - Attraction entre drones éloignés pour le maintien des liens de communication
 - Répulsion entre les drones proches pour éviter les collisions
- Répulsion due aux obstacles
 - Pour éviter les collisions
- Attraction vers des points cibles
 - Pour remplir la mission

Modèle de mobilité

- Somme des différentes forces pour remplir la mission



Publication soumise

- *“Mobility Strategies based on Virtual Forces for Swarms of Autonomous UAVs in Constrained Environments”*
- *ICINCO : International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*

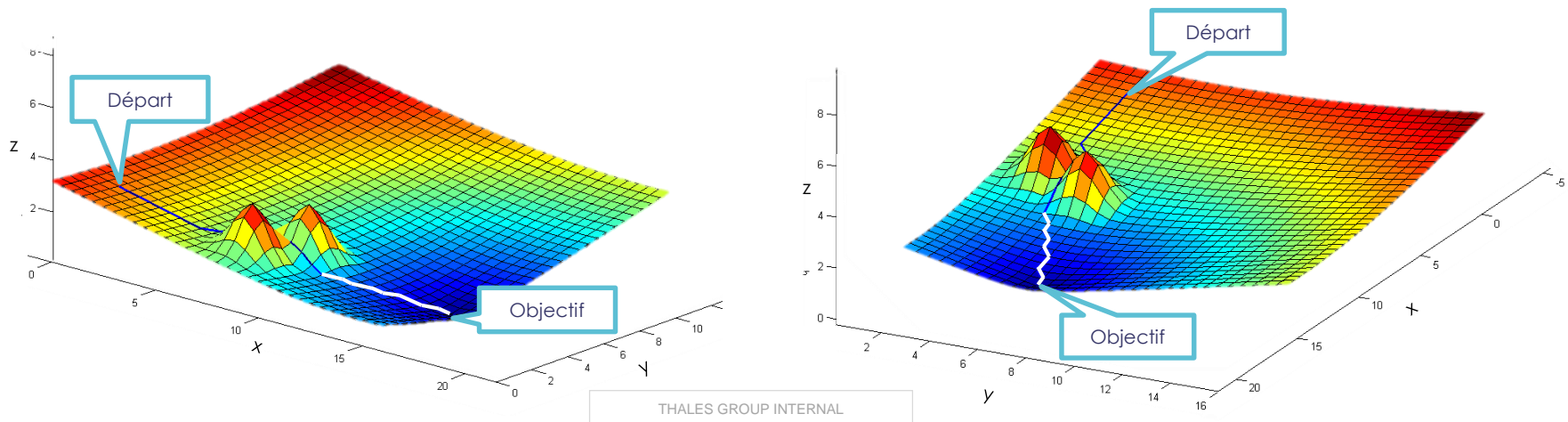
Vidéo disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=eiZ7HYOu5No>

Carte de « qualité »

- Modèle pour de la 2D dans un premier temps
- Bille qui se déplace sur un plan incliné
- Création de la carte :
 - Plus un point est proche de l'objectif, plus il est bas
 - Plus un point est proche d'un obstacle, plus il est haut

Utilisation

- Découverte des obstacles
- Mise à jour collaborative de la carte pendant le parcours



Perspectives & conclusion



■ Premier modèle de déplacements déjà développé

- Basé sur les forces virtuelles
- Permet la réalisation d'une mission complète par un essaim autonome
- Online, distribué et adapté à un environnement inconnu avec obstacles
- Développé en 2D uniquement, mais adaptable en 3D
- Publication soumise

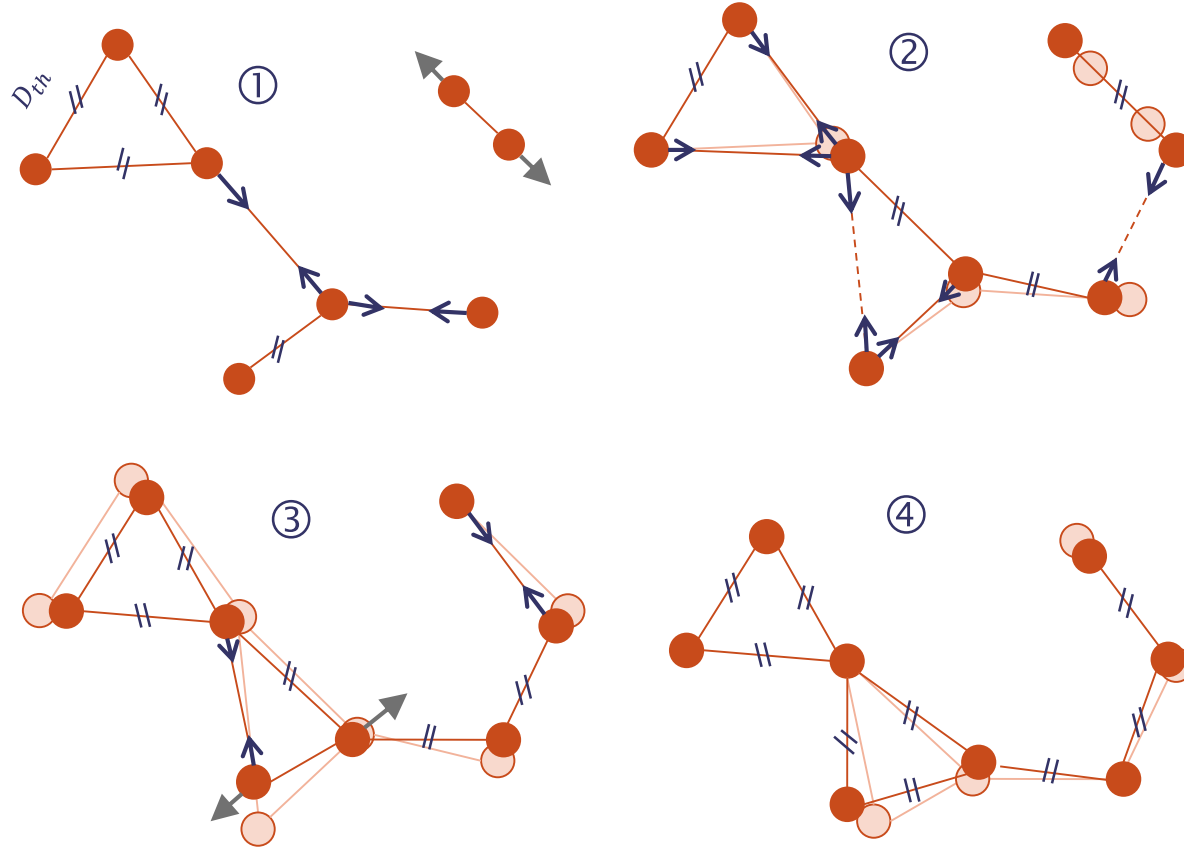
■ Modèle de déplacements à venir

- Méthode globale définie : calcul de qualité des points de l'environnement
- Online, distribué et adapté à un environnement inconnu avec obstacles
- Modèle plus précis que le précédent

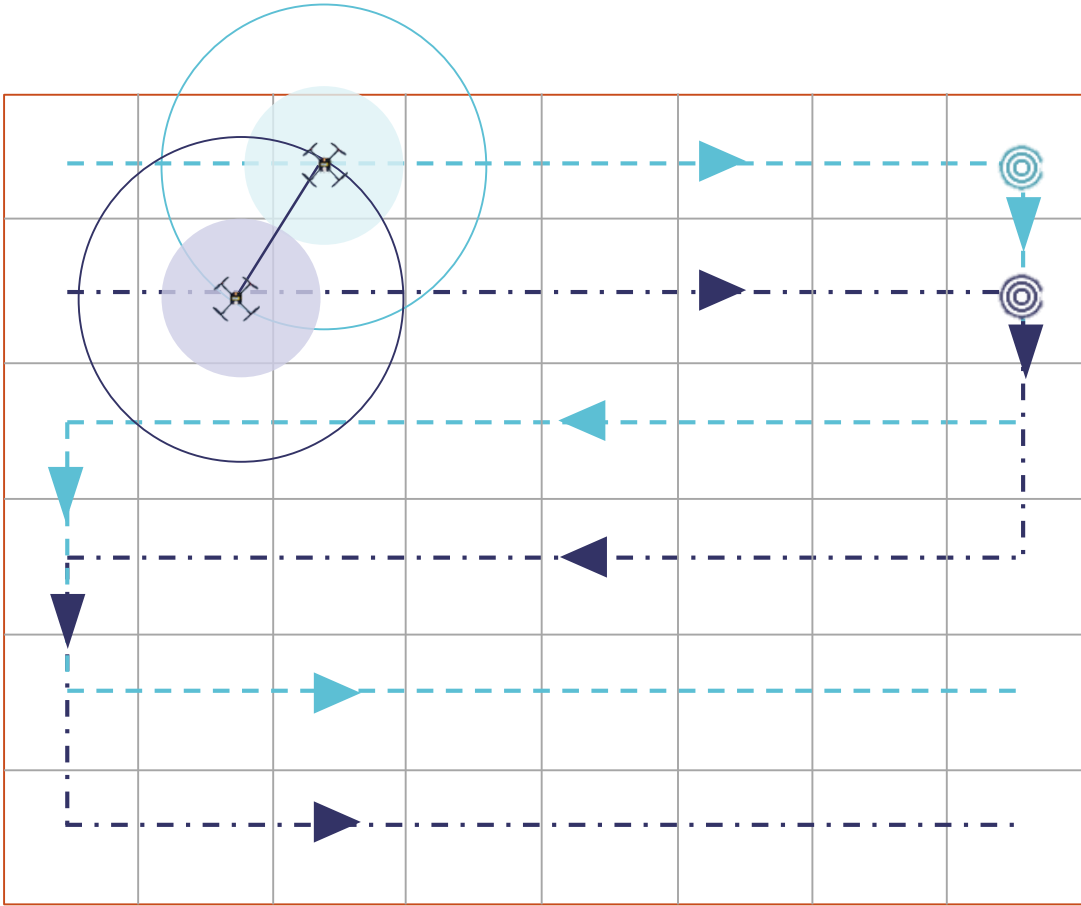
■ Démonstrateur

- Sera réalisé dans un second temps





Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales. - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.



Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.

Mise en œuvre

- Calcul de fonction d'attraction à la cible
 - ex : proportionnel à la distance
- Calcul de la fonction de répulsion du aux obstacles
 - ex : carré de la distance
- Superposition des deux fonctions

Amélioration envisagée

- Répulsion due aux obstacles dépendant du point cible
 - *l.e.* répulsion faible entre l'obstacle et le point cible

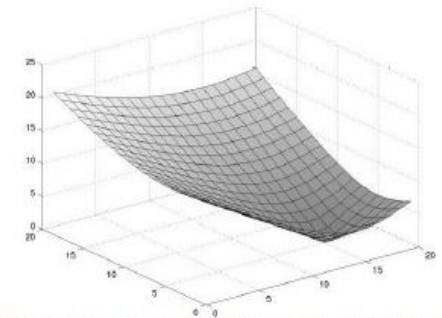


Figure 4-2: The same potential function as in Figure 4-1 is here shown in another way. Imagine a drop of water placed anywhere within the graph, it would always find its way to the goal.

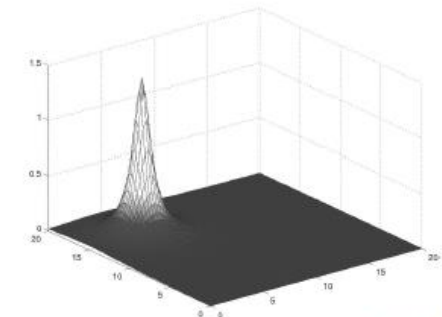


Figure 4-3: Potential functions for obstacles are sometimes calculated using the law of gravitation, the repulsive force decline with the square of the distance.

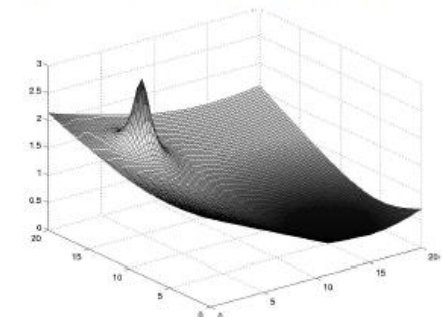
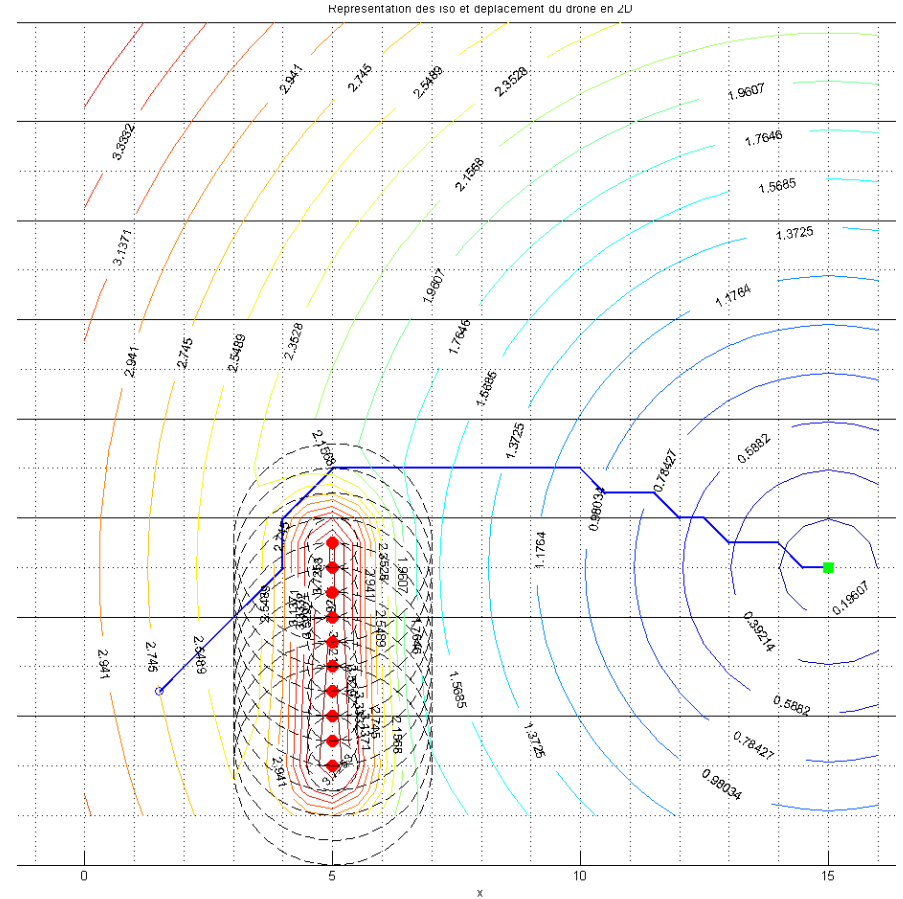
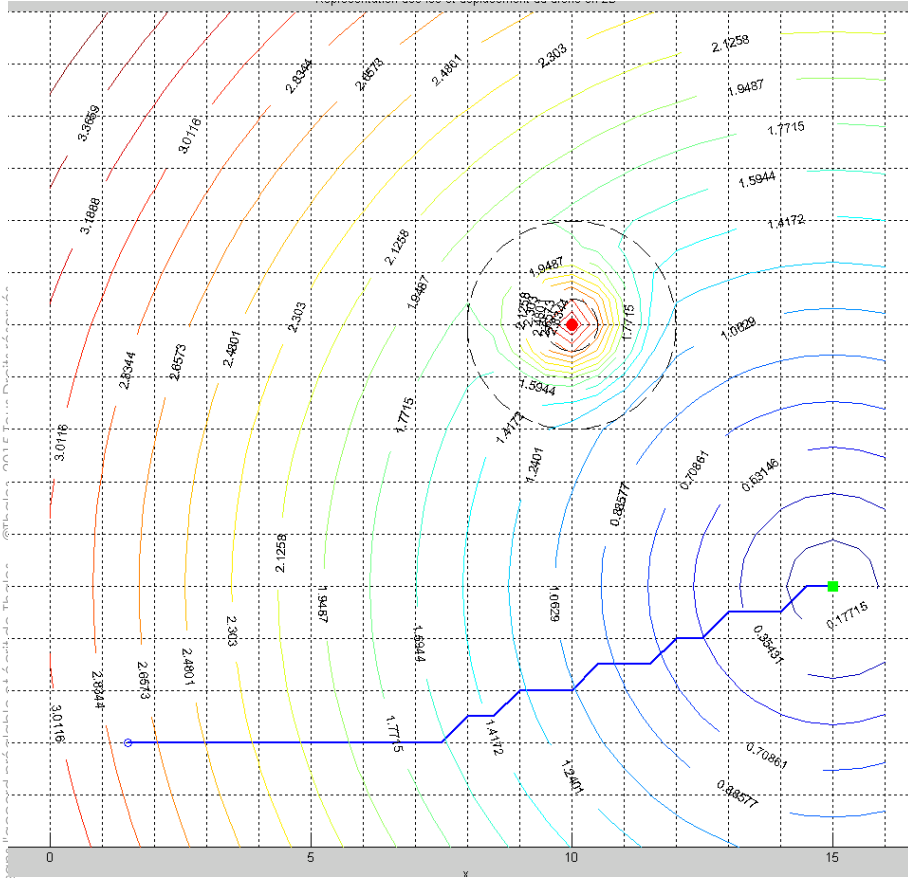


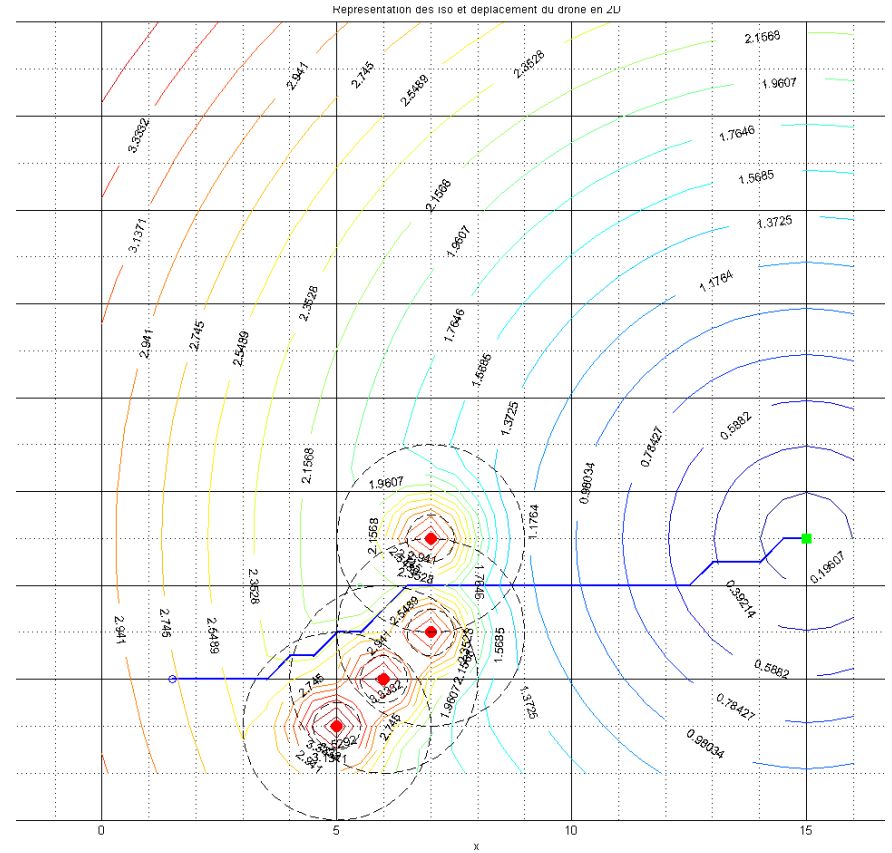
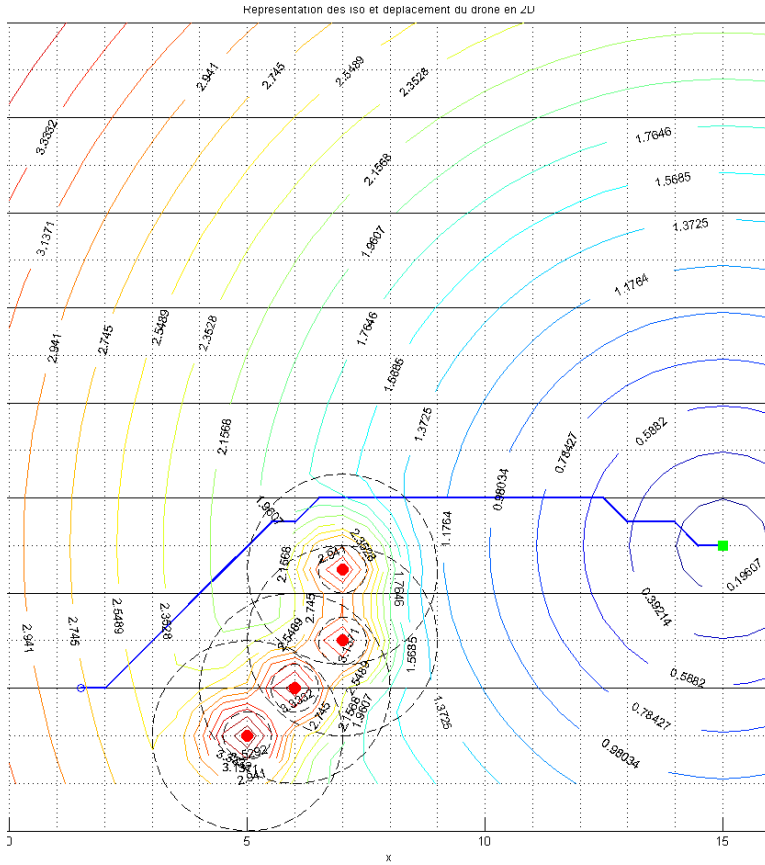
Figure 4-4: Potential function for the combined force fields of the goal and the obstacle. As can be seen in the figure, there is one saddle point where a robot could get stuck.

Déplacement sur la carte « qualité » avec A* (1/2)



Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'autorisation écrite de Thales.

Déplacement sur la carte « qualité » avec A* (2/2)



Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.

[1] : Grégoire Danoy, Matthias R. Brust, Pascal Bouvry. Connectivity Stability in Autonomous Multi-level UAV Swarms for Wide Area Monitoring, DIVANet'15, 2015.

[2] : A. Howard, M.J. Mataric, and G.S. Sukhatme. Mobile sensor network deployment using potential fields : A distributed, scalable solution to the area coverage problem. *Distributed autonomous robotic systems*, 5 :299–308, 2002.

[3] : J.P. Goebel and A.E. Krzesinski. A Model of Autonomous Motion in Ad Hoc Networks to Maximise Area Coverage. In *Proceedings Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference*. ATNAC, 2008.

[4] : E. Di Mario, Z. Talebpour, A. Martinoli. A Comparison of PSO and Reinforcement Learning for Multi-Robot Obstacle Avoidance. In *IEEE Congress on Evolutionary Computation*. CEC, 2013.