



Marcos MEDRANO

ENSEEIHT Simone GASPARINI

AIRBUS Alain GUILLET, Pierre SCACCHI

ESTIMATION DU VECTEUR VITESSE D'UN AVION EN UTILISANT UNE CAMÉRA EMBARQUÉE

Soutenance

September 2014

Agenda

Introduction

Egomotion: État de l'art

Développement

Résultats

Évaluation de sensibilité

Conclusions

Cadre du stage

Objectif

Développer un prototype logiciel permettant l'estimation du vecteur de vitesse d'un avion au sol à partir d'un vidéo ou d'une séquence d'images, soit synthétiques ou réelles

Dates

De 3 mars au 22 août 2014 (6 mois)

Outils

Qt/C++, OpenCV, Matlab

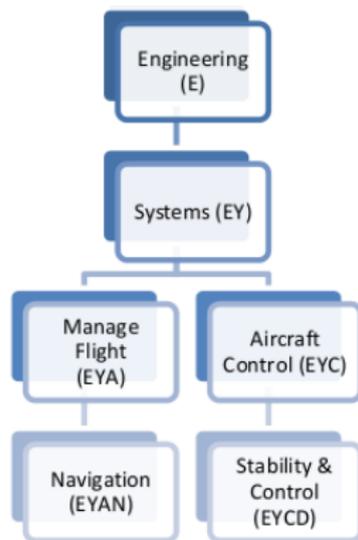
Entreprise

Airbus

- ▶ Leader mondial dans l'industrie aéronautique
- ▶ Plus de la moitié des avions de lignes produits dans le monde
- ▶ Plus de 60 000 employés (40% environ en France)
- ▶ Site de Saint Martin du Touch



Equipe



- ▶ Alain GUILLET (Navigation)
- ▶ Pierre SCACCHI (Recherche en Stabilité & Contrôle)

Contexte

Problème

Performance des capteurs existants (GPS, INS, Tachymètres) à très basse vitesse

Idée

Nouveau capteur basée vision pour améliorer la précision globale

Pourquoi une approche basée vision ?

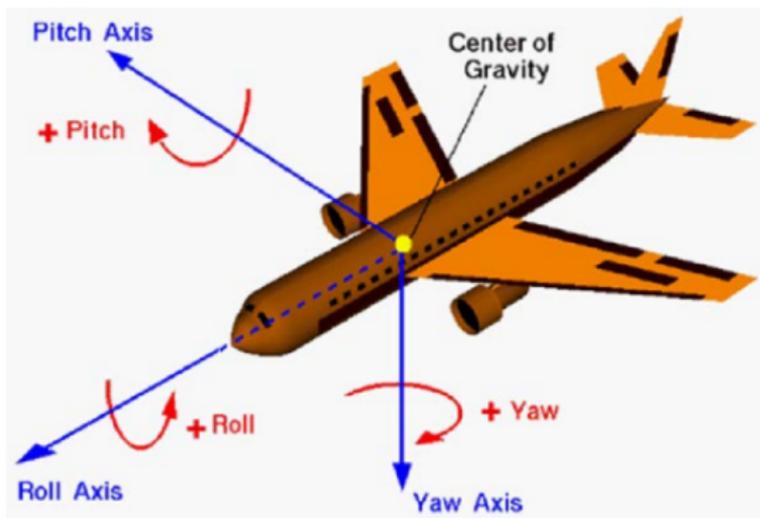
- ▶ Principe physique
- ▶ Estimation indépendant
- ▶ Avions déjà équipés avec des caméras
- ▶ D'autres moyens: détection de la piste, visual landing

Planning

1. Bibliographie
2. Bases de l'estimation
3. Développement d'un prototype simple
4. Extension pour des images de synthèse en perspective
5. Extension pour des images réelles
6. Étude de robustesse et sensibilité
7. Synthèse

Hypothèses

- ▶ Une seule caméra (calibrée)
- ▶ Caméra fixe sur l'avion (emplacement non précisé)
- ▶ Paramètres disponibles: Angles de rotation + Altitude



Egomotion: État de l'art

Définition du problème

Récupérer le mouvement 3D d'une caméra (egomotion) à partir du mouvement 2D observée dans une séquence d'images

Hypothèse: scène statique



Egomotion: État de l'art

Concepts clés:

- ▶ Mesurer mouvement 2D (points d'intérêt, flux optique)
- ▶ Faire le lien entre mouvement 2D et mouvement 3D
- ▶ Estimer les paramètres de mouvement 3D

Des approches discrètes

- ▶ Basées sur la correspondance des points d'intérêt
- ▶ Géométrie épipolaire

Des approches continues

- ▶ Basées sur le flux optique
- ▶ Des équations de mouvement d'un point de la scène

Egomotion: État de l'art

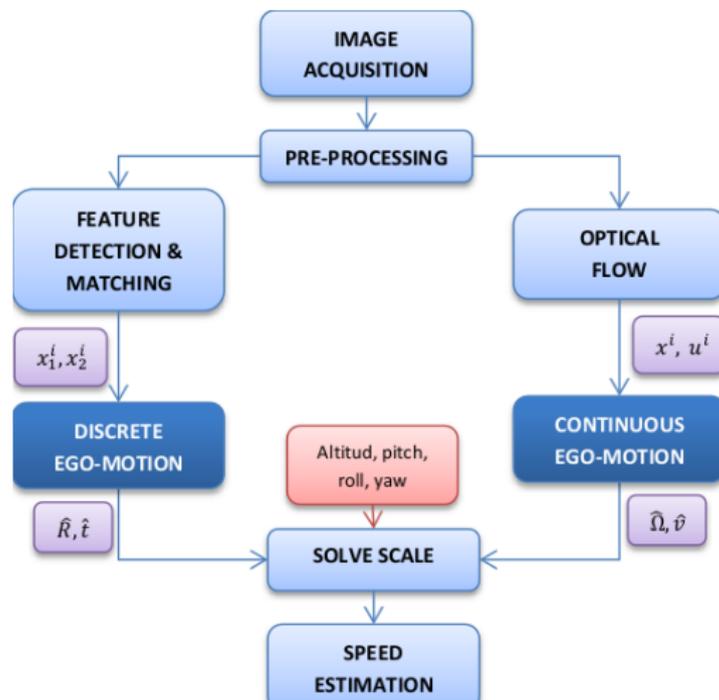
Des scènes planaires

- ▶ Les techniques standard échouent (quelle que soit l'approche)
- ▶ Il faut adapter les équations (contraintes supplémentaires)
- ▶ Sont fréquents dans l'opération de l'avion

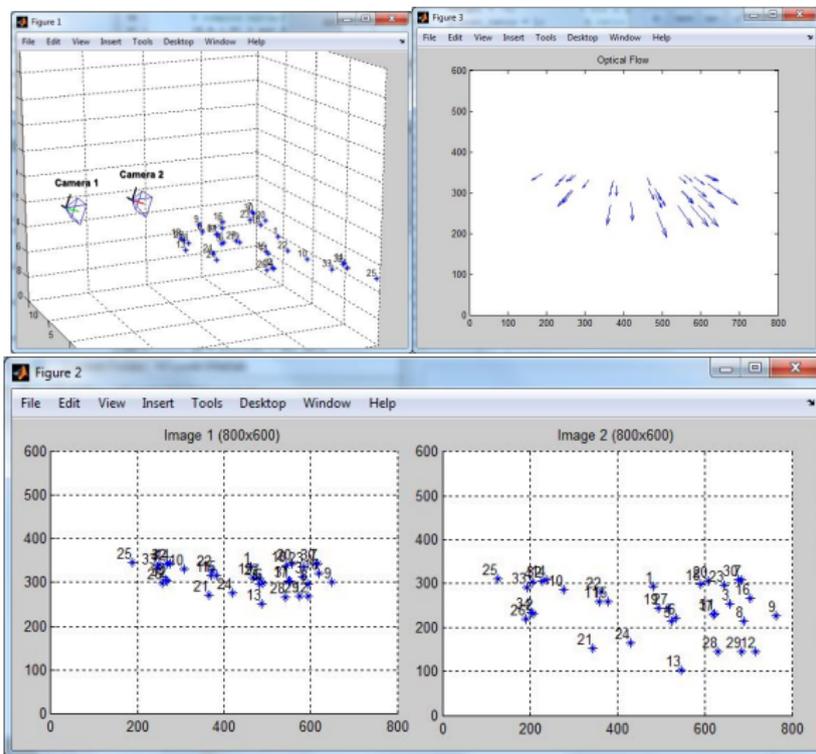
Méthodes choisies

- ▶ Approche discrète: algorithme du 8-points + sa version pour des scènes planaires (homographie)
 - ▶ *MASKS, An Invitation to 3D vision, 2003*
- ▶ Approche continue: Planar-ego
 - ▶ *Oreifej O. et al, Horizon Constraint for Unambiguous UAV Navigation in Planar Scenes, 2011*

Cadre de la solution



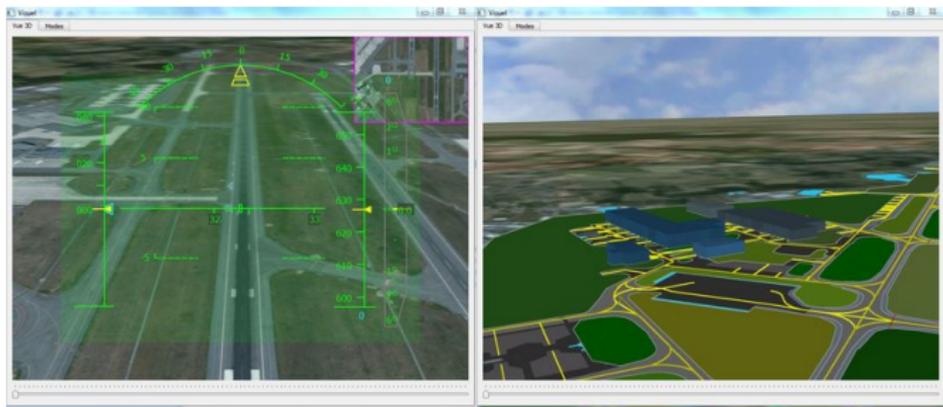
Validation des méthodes



Images de synthèse en perspective

Le simulateur de vol *Visuel*

- ▶ Vitesse simplifié (pas de vent)
- ▶ Scène complètement plane
- ▶ Paramètres de vol connus



Définition des scénarios



TAXI: Au sol, sur le taxiway. Vitesse constante.



TAXI-R: Au sol (taxiway) + virages. Vitesse constante.



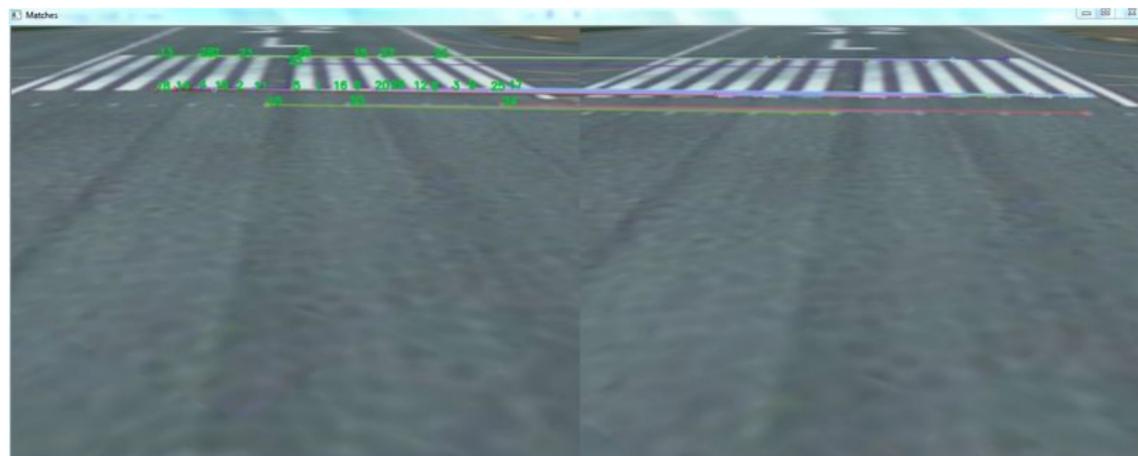
TAKEOFF: Au sol (piste). Vitesse variable.



APPROACH: En vol. Vitesse constante. Altitude variable.

Difficultés rencontrées

- ▶ Points d'intérêt trop proches
- ▶ Mauvaises correspondances (outliers)
- ▶ Très peu de points d'intérêt



Des optimisations proposées

Filtre des points d'intérêt

- ▶ Par distance et par déplacement
- ▶ Par qualité des correspondances

Identifier les homographies dégradées

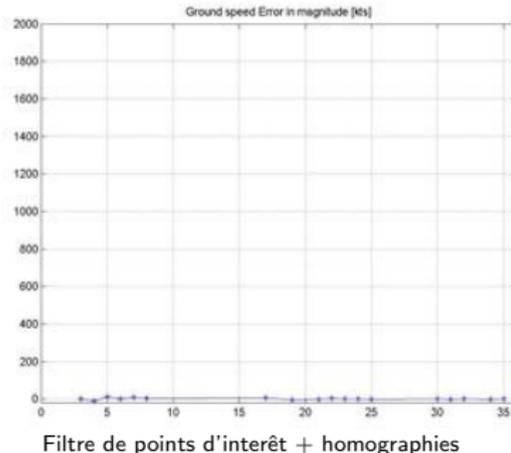
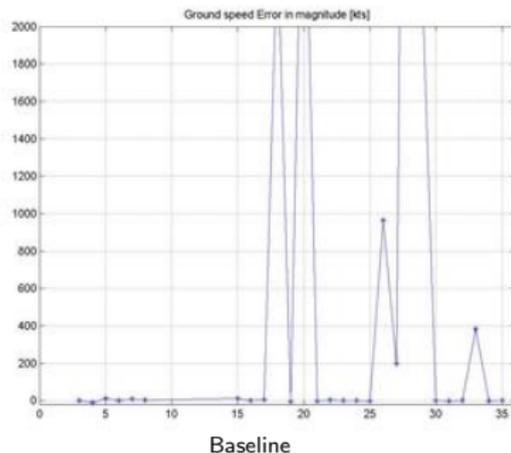
- ▶ Erreur de re-projection
- ▶ Conditionnement de la matrice d'homographie

Des autres optimisations

- ▶ Random Sample Consensus (RANSAC)
- ▶ Utilisation des estimations précédentes

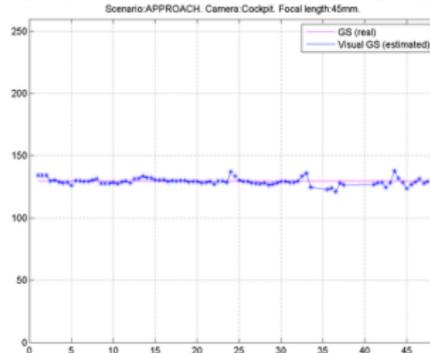
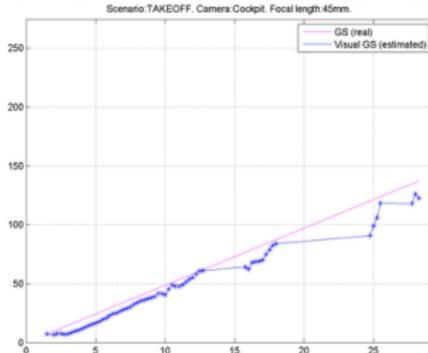
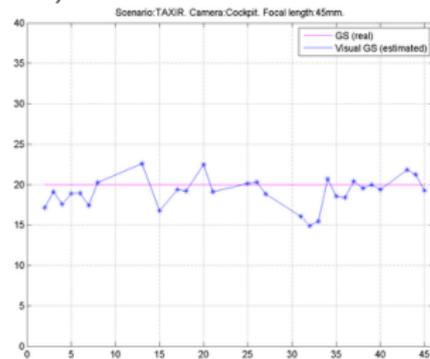
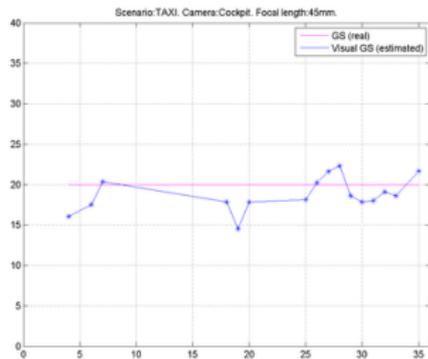
Impact des optimisations

Filtre de points d'intérêt et des homographies dégradées Erreur de vitesse sol (en module)



Résultats (I)

Erreur de vitesse sol (en module)



Résultats (II)

Estimation

- ▶ Estimateur discrète: vitesse sol (module et direction)
- ▶ Mesures d'erreur (maximale, moyenne, écart-type)
- ▶ Rapport entre estimations réussis et estimations essayés

Analyse des résultats

- ▶ Erreur entre 5% et 10% du vrai vitesse (constante)
- ▶ Effet de trainage dans le cas d'accélération
- ▶ Forte impacte des caractéristiques de la scène

Évaluation de sensibilité (I)

Paramètres variables

- ▶ Distance focale: 18mm, 30mm, 45mm, 100mm



18mm



30mm



100mm

Évaluation de sensibilité (II)

Paramètres variables

- Position de la caméra: Cabine, Dérive



Camera monté sur la Dérive

Évaluation de sensibilité (III)

Résultats

- ▶ Distance focale (baseline: 45mm)
 - ▶ 18mm et 100mm: diminution significative de la performance
 - ▶ 30mm: amélioration du ratio des estimations
- ▶ Position de la caméra (baseline: cabine)
 - ▶ Dérive: amélioration significative du ratio des estimations

Recommandation

- ▶ 30mm + Dérive
- ▶ Faire plus de simulations
- ▶ Des scénarios plus longues

Degré d'avancement

Avancement par rapport aux objectif

- ▶ Étude de la théorie et les techniques impliqués
- ▶ Développement d'un prototype modulaire
- ▶ Analyse de résultats
- ▶ Analyse de sensibilité aux paramètres clés

Prochaines étapes

- ▶ Réviser l'approche continue
- ▶ Performance sous des images réelles

Conclusions

Entreprise

- ▶ Des résultats satisfaisants (estimateur discrète)
- ▶ En principe l'idée est réalisable

Point de vue personnel

- ▶ Première expérience dans la recherche
- ▶ Environnement stimulant
- ▶ Domaine de l'estimation de mouvement

Questions ?