

 **INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II**
FILIERE DE FORMATION EN TOPOGRAPHIE 

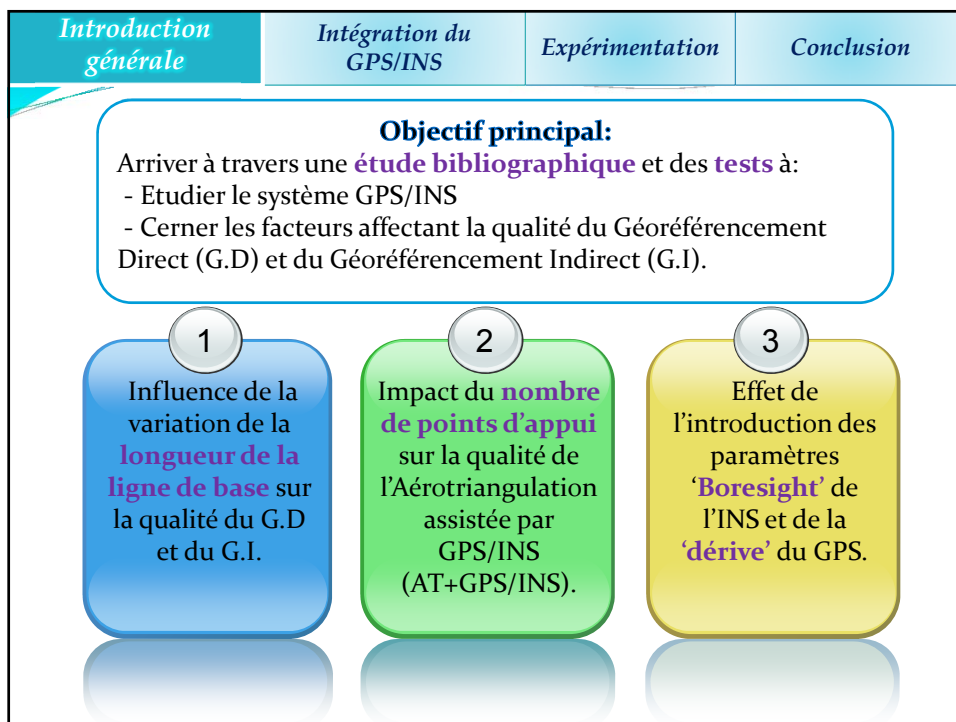
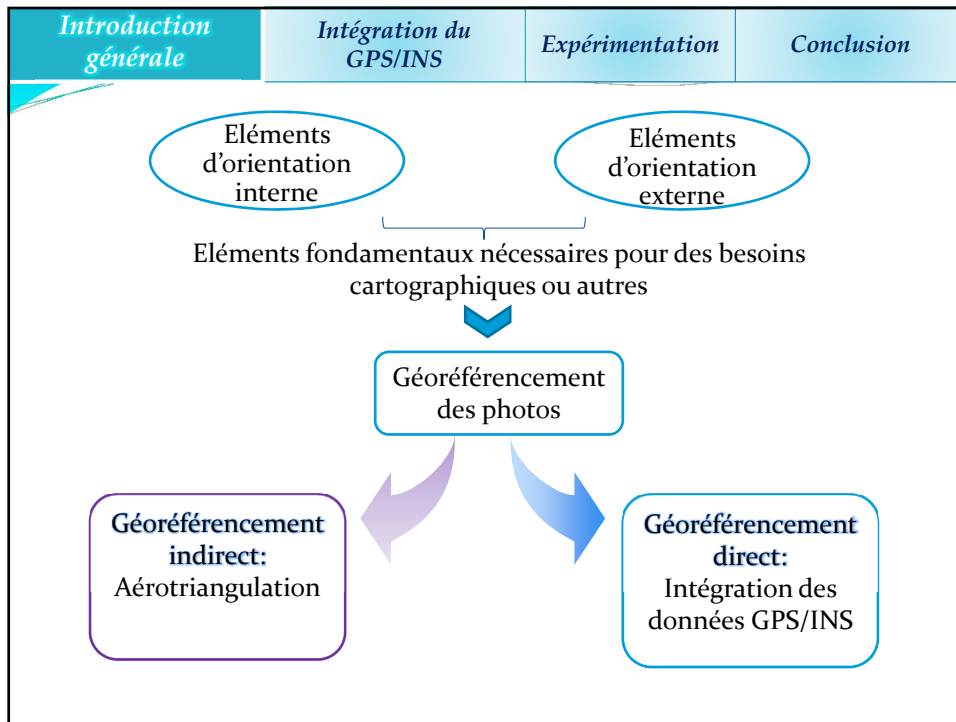
GEOREFERENCEMENT DIRECT DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES PAR GPS/INS



Par:
Mlle Ettarid Sanae
Mme El Messati Bochra
Pr. O.M.Cherkaoui

Plan

- INTRODUCTION GENERALE**
- INTEGRATION DU GPS/INS**
 - Principe de navigation par GPS
 - Principe de l'INS
 - Intégration du GPS/INS en photogrammétrie aérienne
 - Calibrage du système
- EXPERIMENTATION**
 - Matériel, logiciels et données tests
 - Méthodologie suivie
 - Résultats et interprétations
- CONCLUSION**

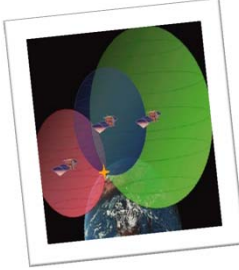


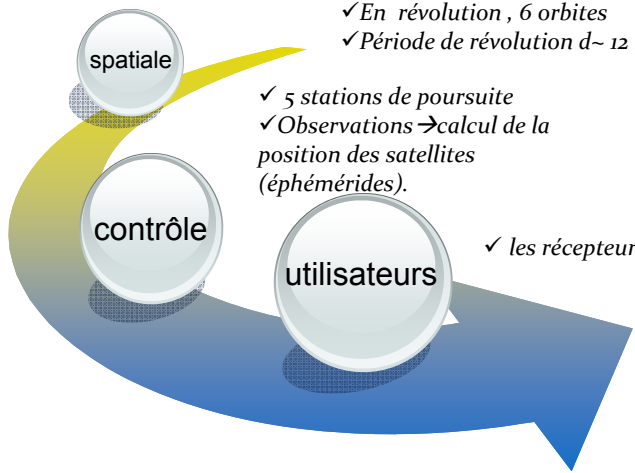
Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
-----------------------	-------------------------------	-----------------	------------

1. Principe de navigation par GPS

- ✓ 24 satellites
- ✓ En révolution, 6 orbites
- ✓ Période de révolution d~ 12 h

- ✓ 5 stations de poursuite
- ✓ Observations → calcul de la position des satellites (éphémérides).

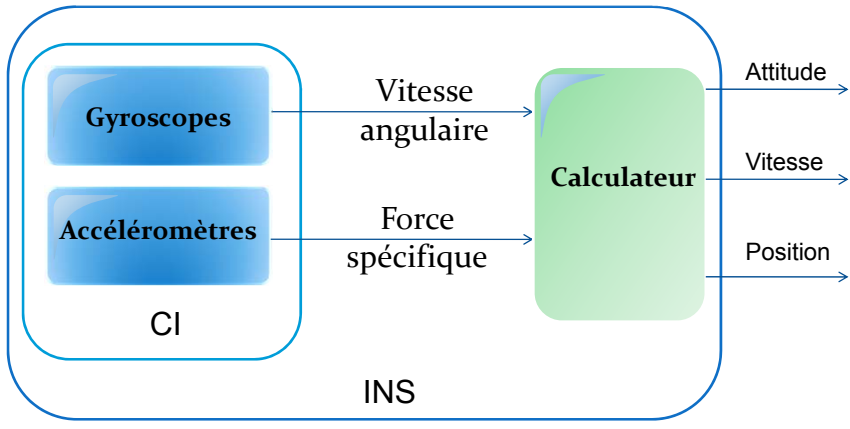




- ✓ les récepteurs

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
-----------------------	-------------------------------	-----------------	------------

1. Principe du système inertiel de navigation (INS)



Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
-----------------------	-------------------------------	-----------------	------------

4. Intégration du GPS/INS en photogrammétrie aérienne

- Principe du géoréférencement direct (espace image → espace objet)

$$r_p^m = r_{GPS/INS}^m(t) + R_b^m(t)(sR_i^b r_p^i - a_1^b - a_2^b)$$

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
-----------------------	-------------------------------	-----------------	------------

- Principe de l'aérotriangulation assistée par GPS/INS

$$x' + V_x = (x'_0 + dx'_0) - (f + df) * \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} + dx'$$

$$y' + V_y = (y'_0 + dy'_0) - (f + df) * \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} + dy'$$

- x', y', V_x, V_y : Coordonnées images résiduels correspondants.


- X, Y, Z : Coordonnées objet dans le système (orthogonal) des coordonnées terrain.

- **Orientation extérieure :**
 X_0, Y_0, Z_0 : Position du centre de projection dans l'espace objet.
 r_{ik} : Eléments de la matrice de rotation $R(\omega, \phi, \kappa)$ entre l'espace image et l'espace objet.

- **Orientation interne :**
 x'_0, y'_0 : Coordonnées images du point principal
 dx'_0, dy'_0 : Corrections du point principal
 f : focale calibrée
 df : Correction de la focale
 dx', dy' : Effet des paramètres additionnels.

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion et recommandations
-----------------------	------------------------	-----------------	-------------------------------

5. Calibrage du système



Calibrage

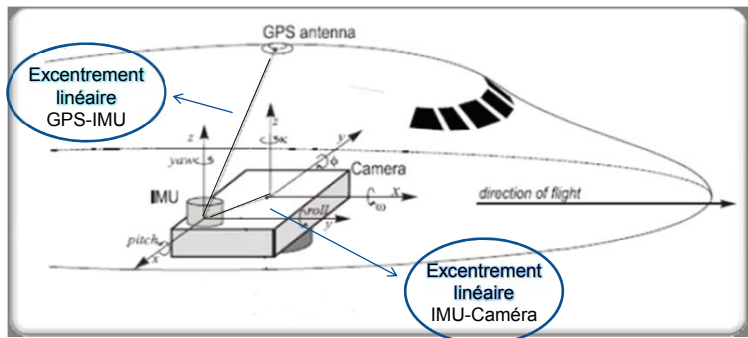
1. Calibrage individuel des capteurs

- ✓ La caméra de prise de vue .
- ✓ L'INS (erreurs estimées par 1 filtre de Kalman ou déterminées par le constructeur) .

2. Calibrage entre capteurs

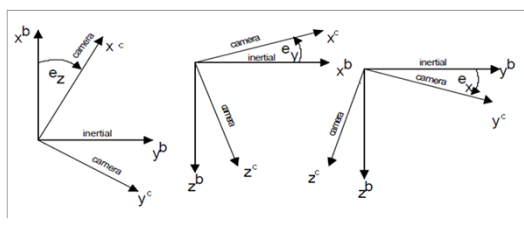
- ✓ Les excentrements linéaires .
- ✓ Les excentrements angulaires entre les référentiels liés à chaque capteur .



Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion et recommandations
-----------------------	------------------------	-----------------	-------------------------------




Défaut d'alignement Boresight:

$$\bar{R}_b^i = \begin{bmatrix} 1 & \bar{e}_z & -\bar{e}_y \\ -\bar{e}_z & 1 & \bar{e}_x \\ \bar{e}_y & -\bar{e}_x & 1 \end{bmatrix}$$



Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
1. Matériel, logiciels et données test			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">  <p style="text-align: center;">Matériel</p> </div> <div style="width: 80%; border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> - INS à axes liés (strapdown INS) de type IMAR. - Caméra argentique de type Leica RC30. - GPS aéroporté bi-fréquence de marque Novatel Millenium - Avion photographe King R350. - 12 stations GPS permanentes éparpillées sur le sol marocain. </div> </div>			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">  <p style="text-align: center;">Logiciels</p> </div> <div style="width: 80%; border: 1px solid purple; border-radius: 15px; padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> - ORIMA - GrafNav - IPAS (+ quelques logiciels comme Morgeo et Geographic Calculator) </div> </div>			

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">  <p style="text-align: center;">Données</p> </div> <div style="width: 80%; border: 1px solid red; border-radius: 15px; padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> - Bloc de photographies aériennes: (zone khouribga) - 23 lignes de vol: directions EO/OE et 1 ligne SN. - 671 photographies à une échelle de 1/20 000. - 26 points d'appui. - 5 jours de mission. - -Données relatives à la prise de vue aérienne: - Données GPS/INS extraits de l'avion - Données GPS issus des stations permanentes terrestres. - Excentricités linéaires et angulaires </div> </div>			

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
-----------------------	------------------------	-----------------	------------

2. Méthodologie suivie

-TEST 1: Impact de la variation de la longueur de la ligne de base sur la qualité du G.D. et du G.I.

Choix des stations permanentes à utiliser

Etude de:
- la précision d'ajustement
- la précision absolue

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion et recommandations
-----------------------	------------------------	-----------------	-------------------------------

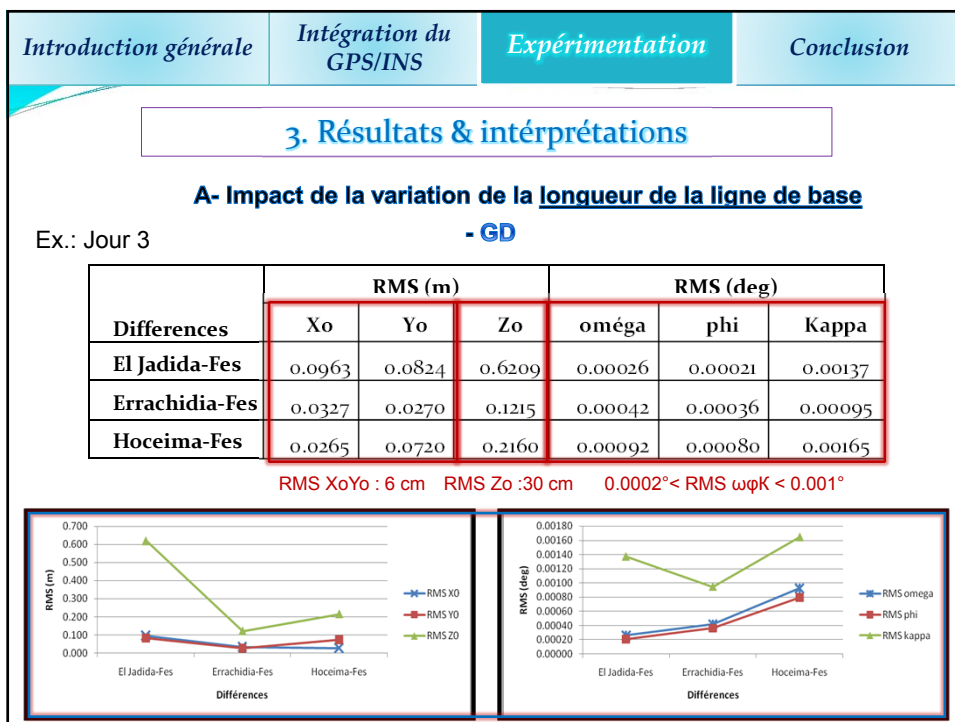
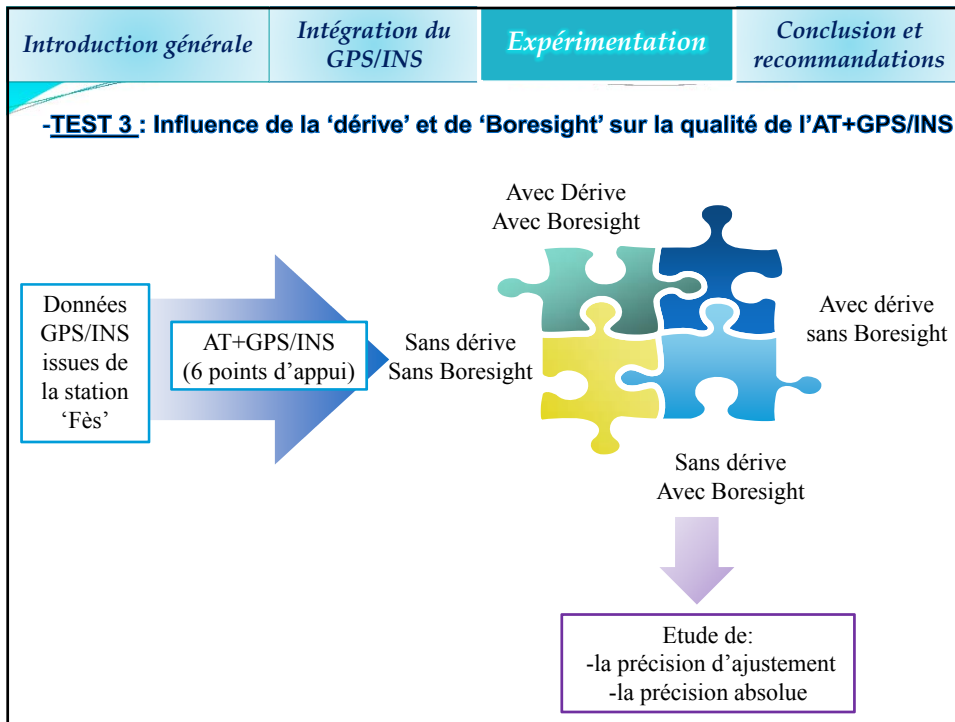
-TEST 2: Impact de la variation du nombre des points d'appui sur la qualité de l'AT+GPS/INS

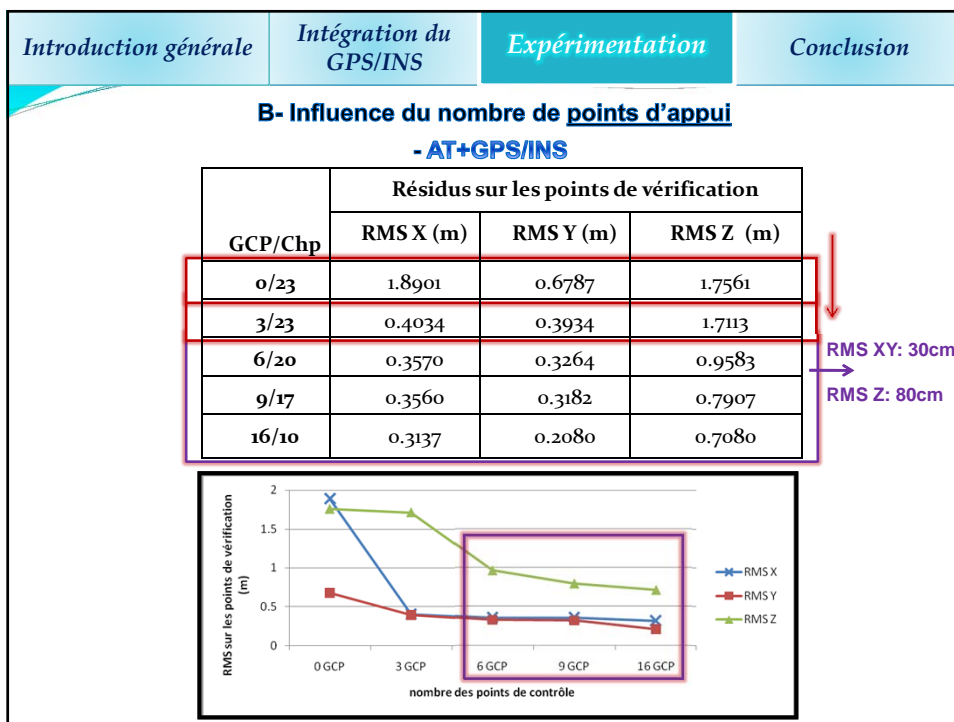
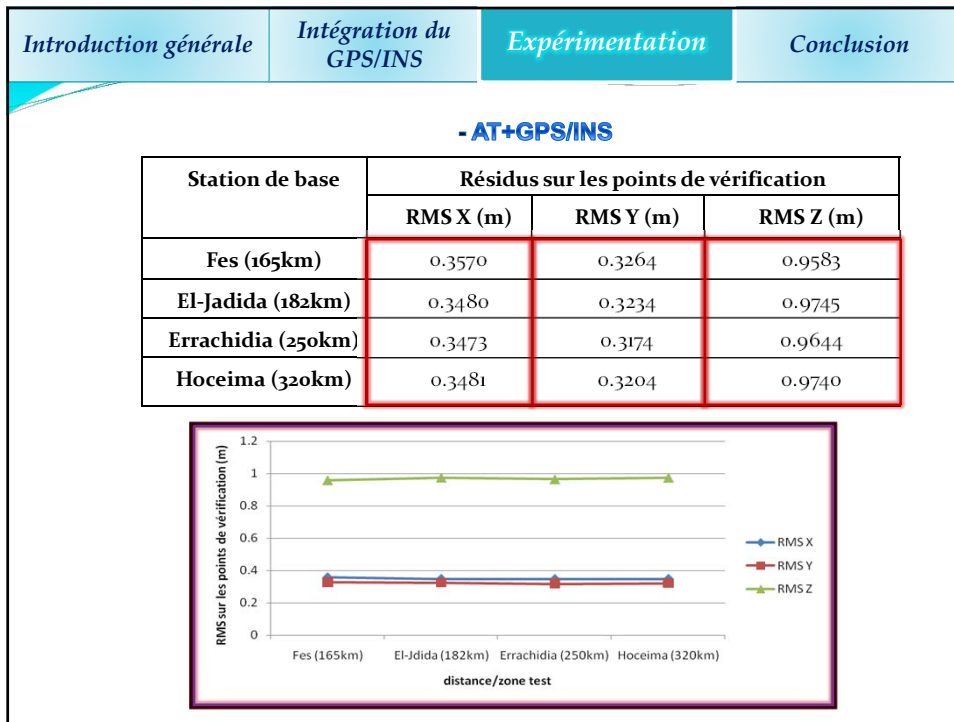
Données GPS et INS issues de la station 'Fès'

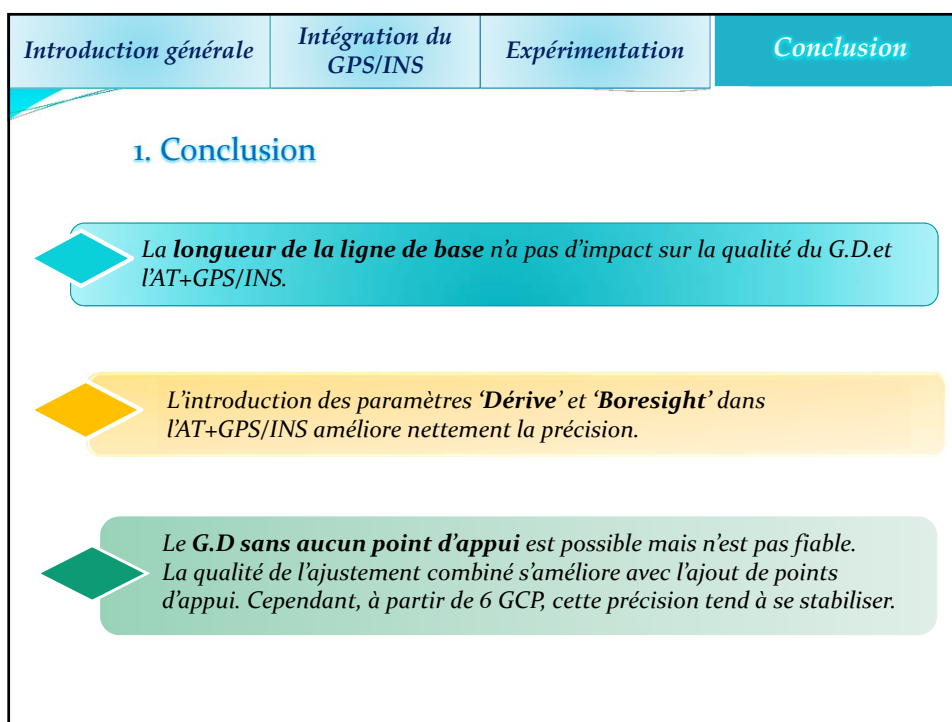
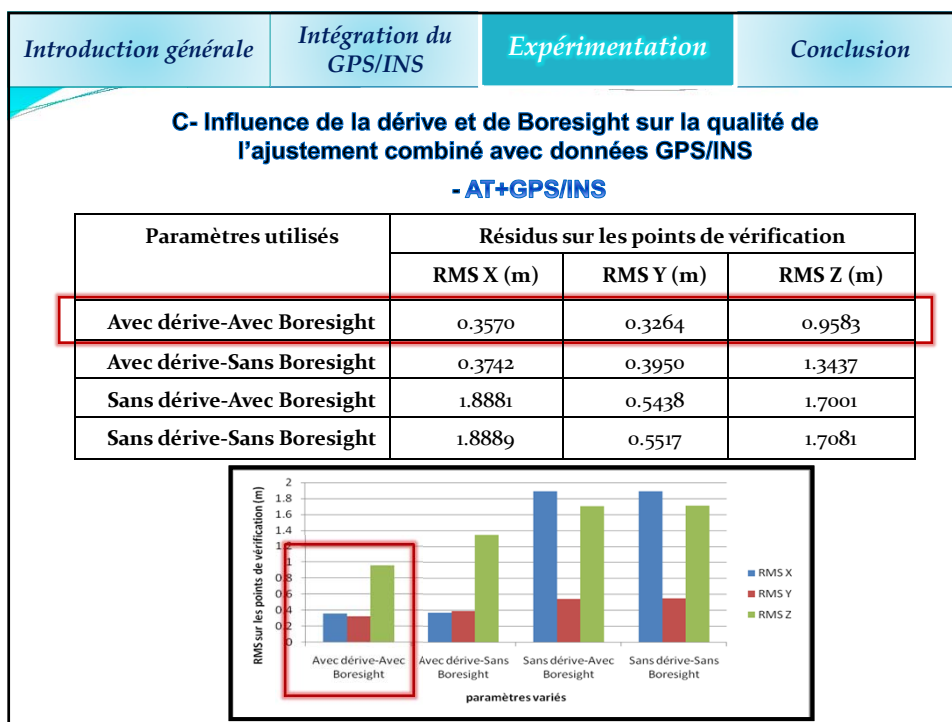
AT+GPS/INS


26
16
9
6
3
0

Etude de:
- la précision d'ajustement
- la précision absolue











الجمهورية المغربية
المعهد الوطني للزراعة والبيطرة
الرياضة

INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II
FILIERE DE FORMATION EN TOPOGRAPHIE





GEOREFERENCEMENT DIRECT DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES PAR GPS/INS



Par:
Mlle Ettarid Sanae
Mme El Messati Bochra
Pr. O.M.Cherkaoui

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; display: inline-block;">3. GPS et INS: Deux systèmes complémentaires</div>			
	Avantages	Inconvénients	
GPS	<ul style="list-style-type: none"> -Précision à long terme -Position absolue -Conditions opérationnelles - Prix abordable 	<ul style="list-style-type: none"> -Fréquence d'échantillonnage faible -Mauvaise précision en z. -Absence d'information d'orientation. 	
INS	<ul style="list-style-type: none"> -Haut débit de données. -Haute disponibilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte dérive. - Sensibilité à la gravité. 	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="color: #00bcd4; font-size: 2em;">↻</div> <div style="border: 1px solid #00bcd4; border-radius: 15px; padding: 5px 20px; background-color: #e0f2f1;">La complémentarité des 2 systèmes</div> <div style="color: #00bcd4; font-size: 2em;">↻</div> </div>			

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion et recommandations
<p data-bbox="464 465 1126 568">Intégration GPS/INS dans la photogrammétrie aérienne → gain considérable de temps et d'argent</p> <p data-bbox="464 622 1126 775"> Partout dans le monde Etudes & expérimentations faites pour pouvoir bien maîtriser cette méthode </p> <p data-bbox="464 831 1126 983"> Au Maroc -Cabinets privés qui utilisent ce système: rares -Etudes & publications: presque inexistantes </p>			

Introduction générale	Intégration du GPS/INS	Expérimentation	Conclusion et recommandations
<p data-bbox="411 1285 1262 1402">  (~un an): acquisition d'1 avion spécial équipé de GPS et INS + logiciels de traitement des données brutes. </p> <p data-bbox="528 1458 564 1485">OR</p> <p data-bbox="584 1496 1249 1619">  -Techniques d'utilisation du système GPS/INS - Calibrage de ces capteurs </p> <p data-bbox="533 1653 588 1680">D'où</p> <p data-bbox="584 1720 1249 1843">Nécessité d'approfondir les aspects relatifs à une connaissance parfaite du système pour une utilisation optimale.</p>			