



ÉCOLE D'ÉTÉ LiDAR
ASPET juin-juillet 2013

SCANNER LASER AÉROPORTÉ:
« LiDAR »

OPÉRATIONNEL

P. BRETEL - CNRS
UMR 6143 – M2C - CAEN

Pr F. LEVOY – Resp. scientifique

- O. MONFORT (*IE UCBN*)
- L. FROIDEVAL (*IR CNRS*)
 - L. BENOIT (*AI CNRS*)
- C. GOIN (*AI UCBN CDD*)
- S. VALLEE (*T CNRS CDD*)

PROJET LiDAR: WORKFLOW GÉNÉRAL

BESOIN

DIMENSIONNEMENT
CHIFFRAGE

CONVENTION

PLANIFICATION (activité annuelle)

Dimensionnement opération:
+ plans A, B C ...(flightplans)

PRÉPARATION:
-Matériel / -Réseau GPS sol / -Plans de vol autorisations
- Installation avion

MISSION:
Déploiement GPS sol / vol /
vérification en vol + au sol données brutes

RÉCUPÉRATION BASES => WORKFLOW TRAITEMENT DE DONNÉES

Cahier des Clauses Techniques Particulière

Contexte

Besoin

Outils

Conditions de Déploiement

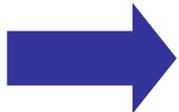
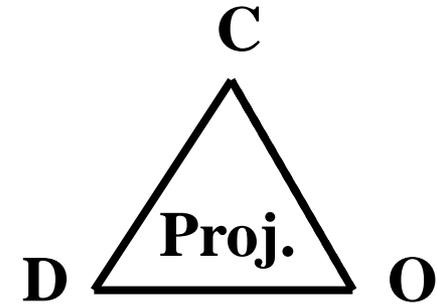
Rendus intermédiaires avancement

Qualité

Rendus finaux

Délais

... pénalités



Chiffrages + Marges OBLIGATOIRES (aléas)

Projet Lidar : la traduction du besoin

À quoi vont servir les données: quelle est la problématique ?

Suivis ??

Détection d'objets spécifiques (archéo, crêtes de falaise ...) ??

Maillage de modélisation, PPRI etc ... ??

Le LiDAR est il adapté ? Faut il voler ?

Ex: suivi de tourbière, suivi d'évolution littoral (fréquence ?) ...
(état global LiDAR, suivi HF scanner terrestre ?)

CONTRAINTES DE MISE EN OEUVRE

Caractéristiques de site :

- localisation (transit, mobilisation, contrainte d'exportation):
- taille (suffisante ?)
- accessibilité (marée, végétation, météo)

Matérielles :

- Avion (trappe, vitesse, autonomie, alimentation, place)
- GPS (réseau sol sécurisé, RGP, PPK/PPP)
- PRÉ-TRAITEMENT TEMPS RÉEL

Naturelles / Externes :

- Marées (voir taille de la zone) / Météo / Végétation
- Accès site (contrôle, calibration, mise en place bases)
- Grande échelle (transport, sécurité, douanes, exportations ?)
- soutien logistique (bases gps, mesures terrain, aéroport, avionneur)
- nature des surfaces et stabilité au cours de la mesure

RÉUSSITE D'UNE OPÉRATION: 99 % anticipation

« a failure to plan is a plan to fail »

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- L'impulsion laser est envoyée sur un miroir oscillant (Nd YAG 1065 nm)

MESURE DE CHAQUE POINT DANS LE RÉFÉRENTIEL DU MIROIR

- Les oscillations du miroir permettent de scanner le sol et le sursol

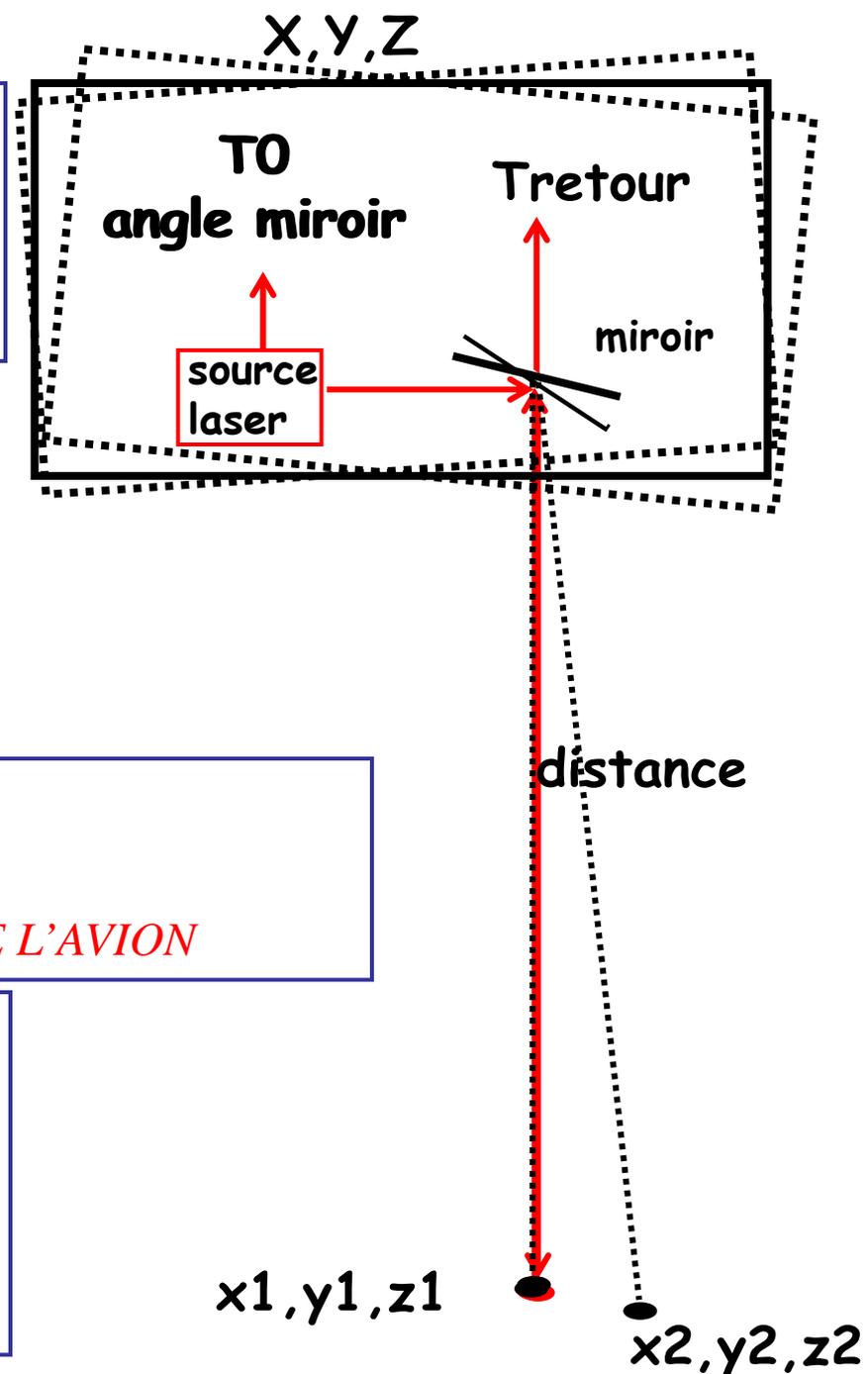
PRODUCTION D'UN NUAGE DE POINTS DANS LE RÉFÉRENTIEL DU MIROIR

- Les mouvements de l'avion sont compensés par une centrale inertielle : Inertial Motion Unit

NUAGE DE POINTS DANS LE RÉFÉRENTIEL DE L'AVION

- position de l'avion mesurée par un GPS
+ post-traitement avec des bases GPS au sol
(distance avion-base ≤ 25 km)

NUAGE DE POINTS DANS UN RÉFÉRENTIEL ABSOLU

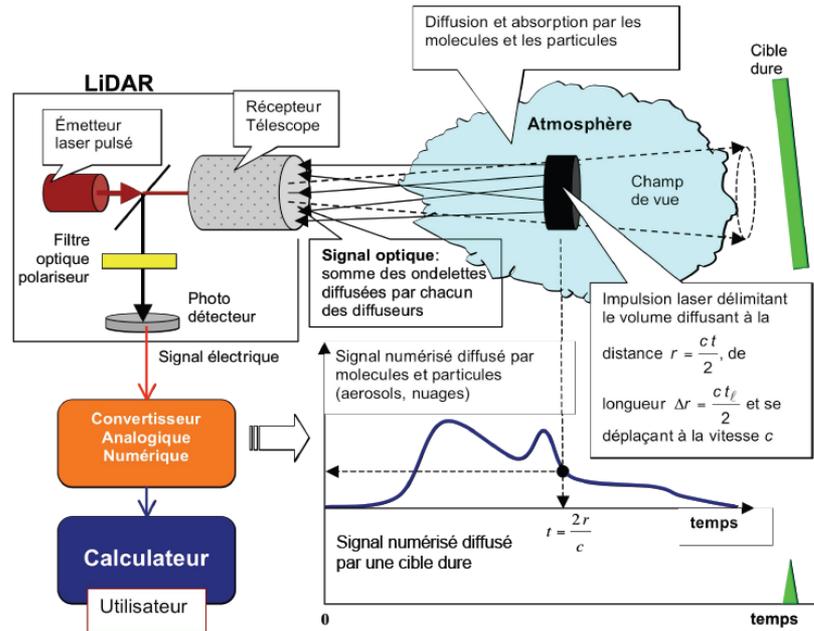


LiDaR : Light Detection and Ranging

méthode de **télédéttection active** qui utilise le **laser** comme émetteur pour des mesures portant sur les **propriétés physiques** et la **dynamique** du **milieu de propagation**, la **mesure de distance** à des cibles dures,



Principe de la Mesure Lidar



Pourquoi le laser ?

- concentration une seule longueur d'onde : **puissance de l'émission**
- **divergence très faible** = haute résolution (<> radar par ex.)
de 0.15 – 0.3 mrad (fonction des systèmes optiques)
- **système actif** : peu d'influence des conditions extérieures de mesures

Quel type de laser ?

Nd YAG – pulsé (system de Q-switch) : $\lambda = 1064$ nm pulsation 4 – 9 ns

- pulsations courtes à haute fréquence
- développement technologique historique
- facilement transportable
- « faible » consommateur d'énergie (980 W terrestre – 1700 W bathy)
- facilement stabilisé en température

Nd YAG le plus utilisé:

-terrestre **proche infra rouge** : réflexion spéculaire et/ou diffuse à la surface de l'eau = pas de transmission.

-bathy **vert par doubleur de fréquence** : traverse la surface de l'eau et diffuse dans la colonne d'eau + rétro-diffuse sur le fond = transmission à forte puissance

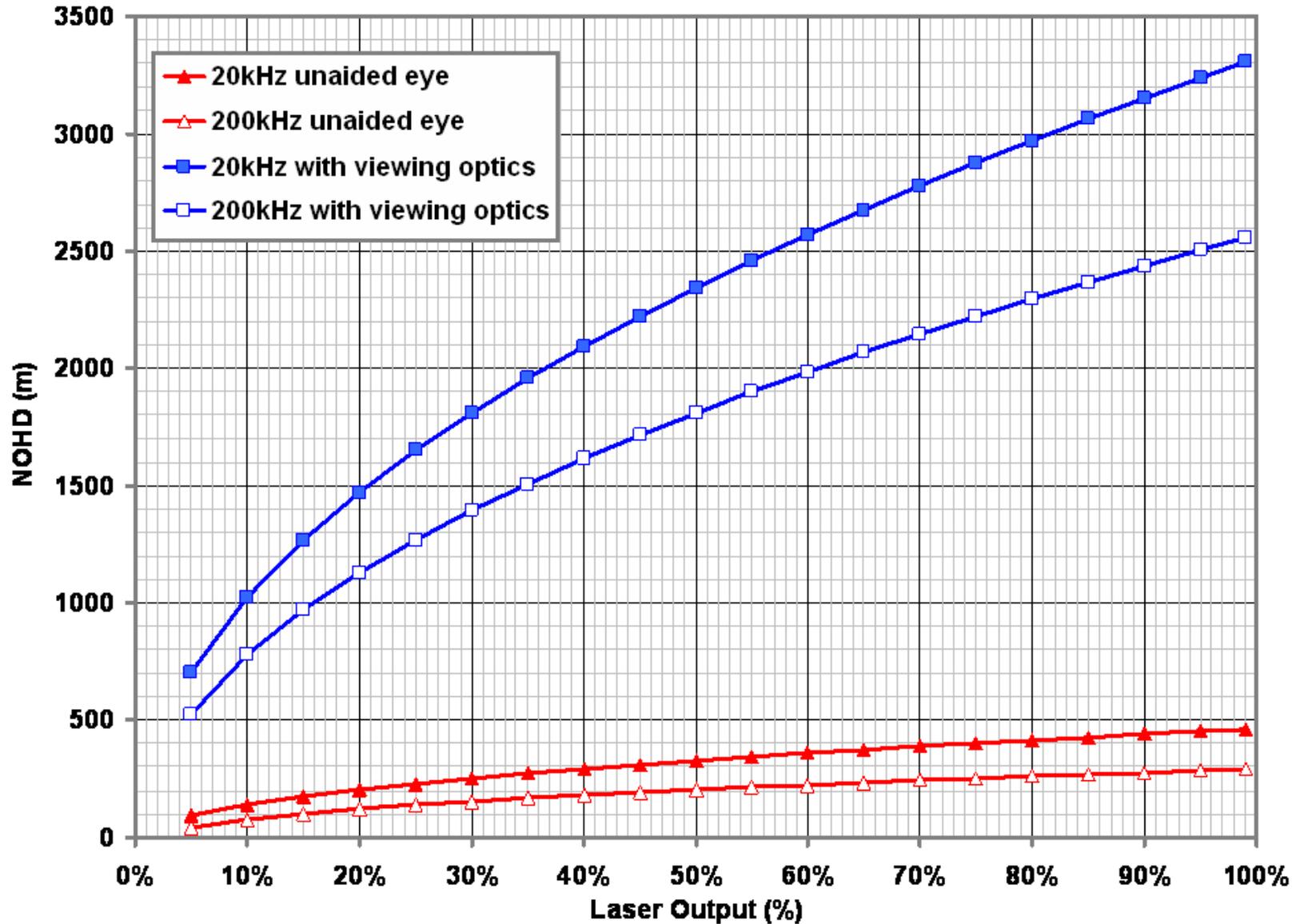
- **adaptation en longueur d'onde** (1541 nm) pour la sécurité oculaire (optech ?) mais moindre sensibilité des diodes



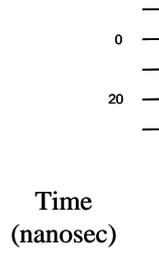
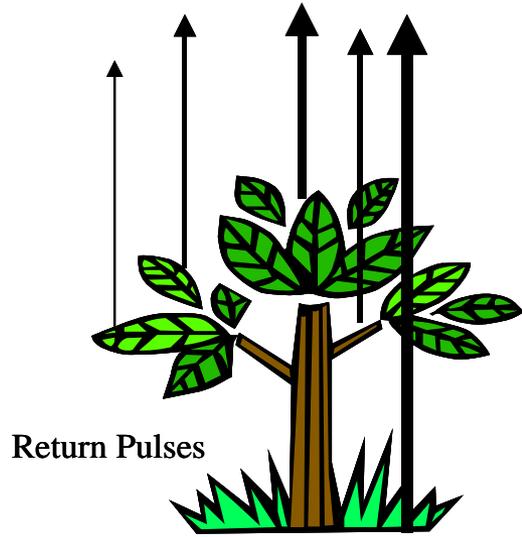
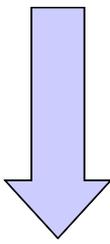
- 1064 nm puissance pic énergie max $40 \cdot 10^{-6}$ – $200 \cdot 10^{-6}$ J en fonction de la fréquence de pulsation – classe IV
- ne pénètre pas dans les nuages
- ne pénètre pas dans l'eau
- portée de 200 m à 5 000 m fonction de la réflectivité

LASER CLASS 4 !! ATTENTION AUX JUMELLES !

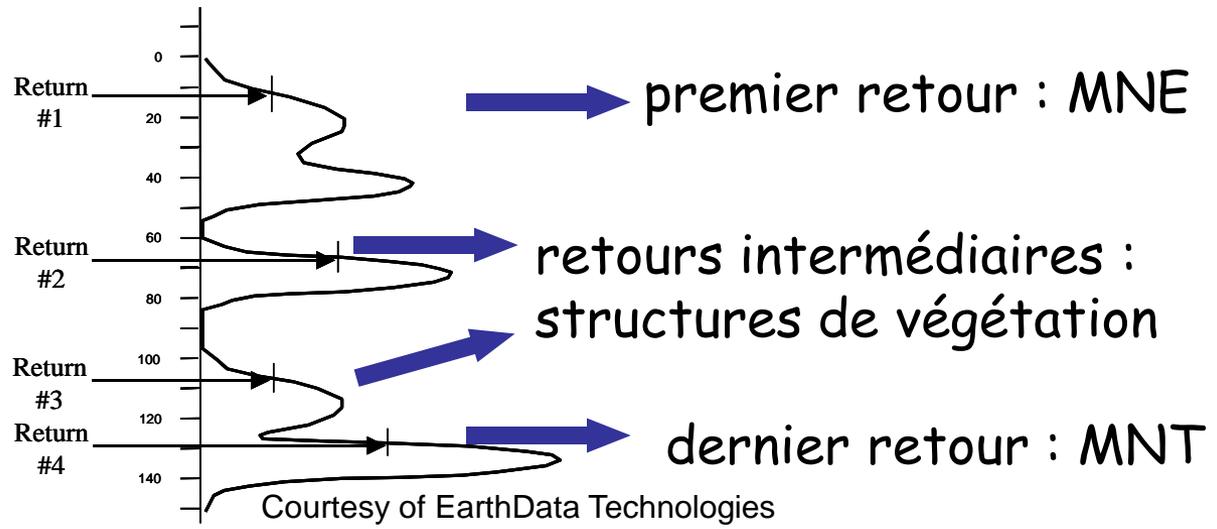
Minimum Flight Height (NOHD)



Incoming Pulse



émission



Principe du Lidar : retour d'onde complète (full wave)



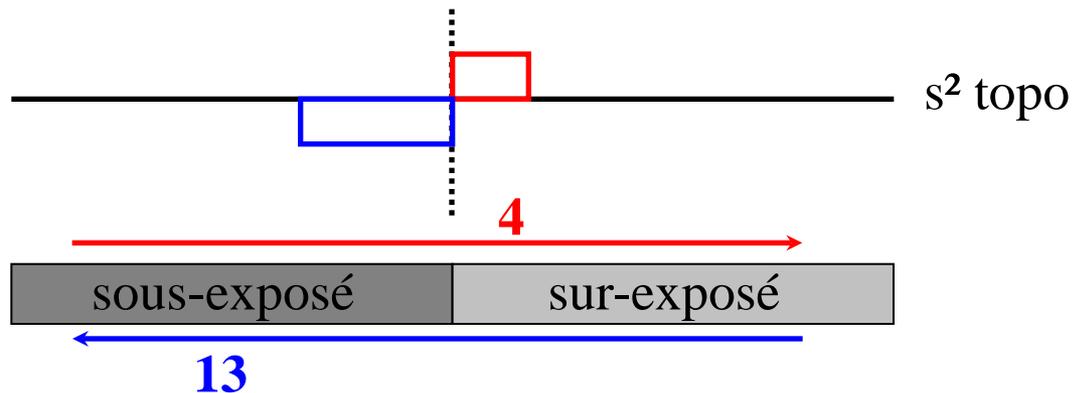
pré-traitement des échos par détection d'un seuil au retour
(option de discrétisation à 1 ns # 0.3 m disponible)

Laser et mesure de distance: Variation d'intensité = antagoniste de la précision

Puissance initiale d'émission établie pour une réflectivité moyenne estimée

IBRC: Intensity Based Range Correction

en fonction de l'intensité de retour corrigée du gain ajout d'une valeur au range.



AGC: Automatic Gain Control

Decreasing: typical 4

Increasing: typical 13



CALIBRATION

Mais suppose un calage GPS correct !

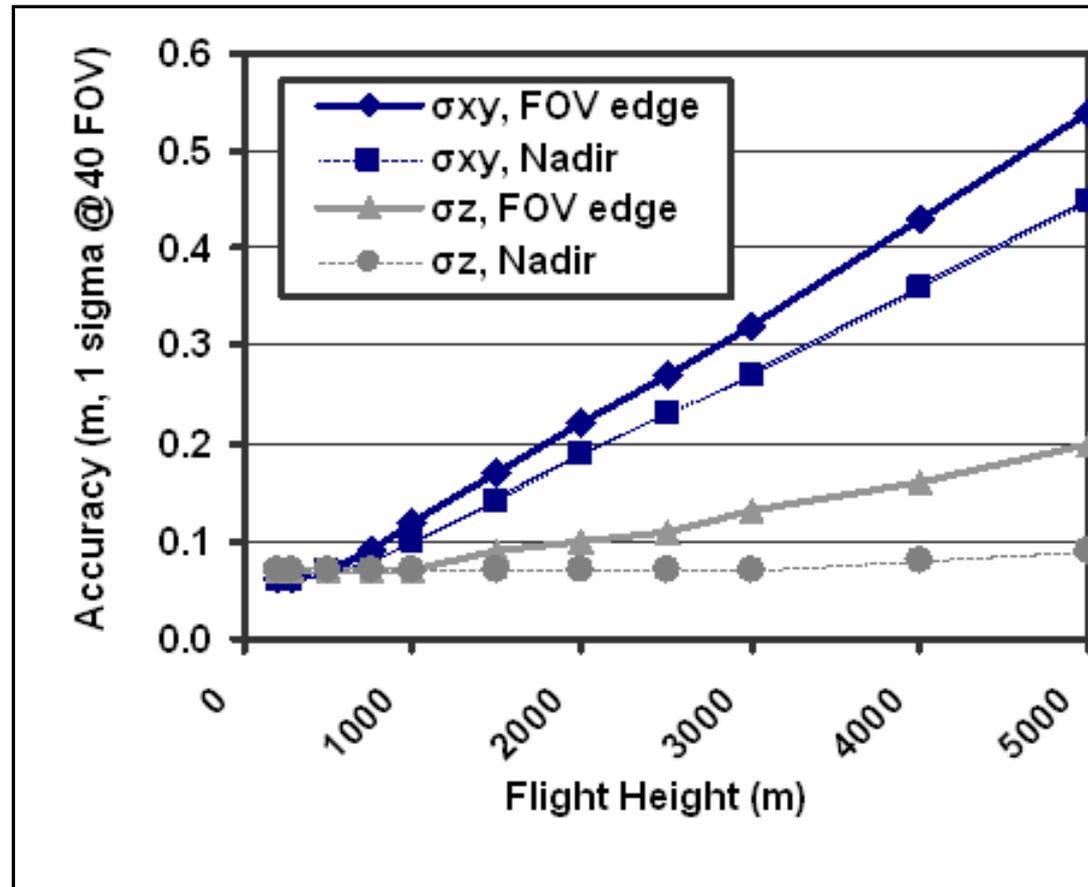
Effet de refraction => calibration



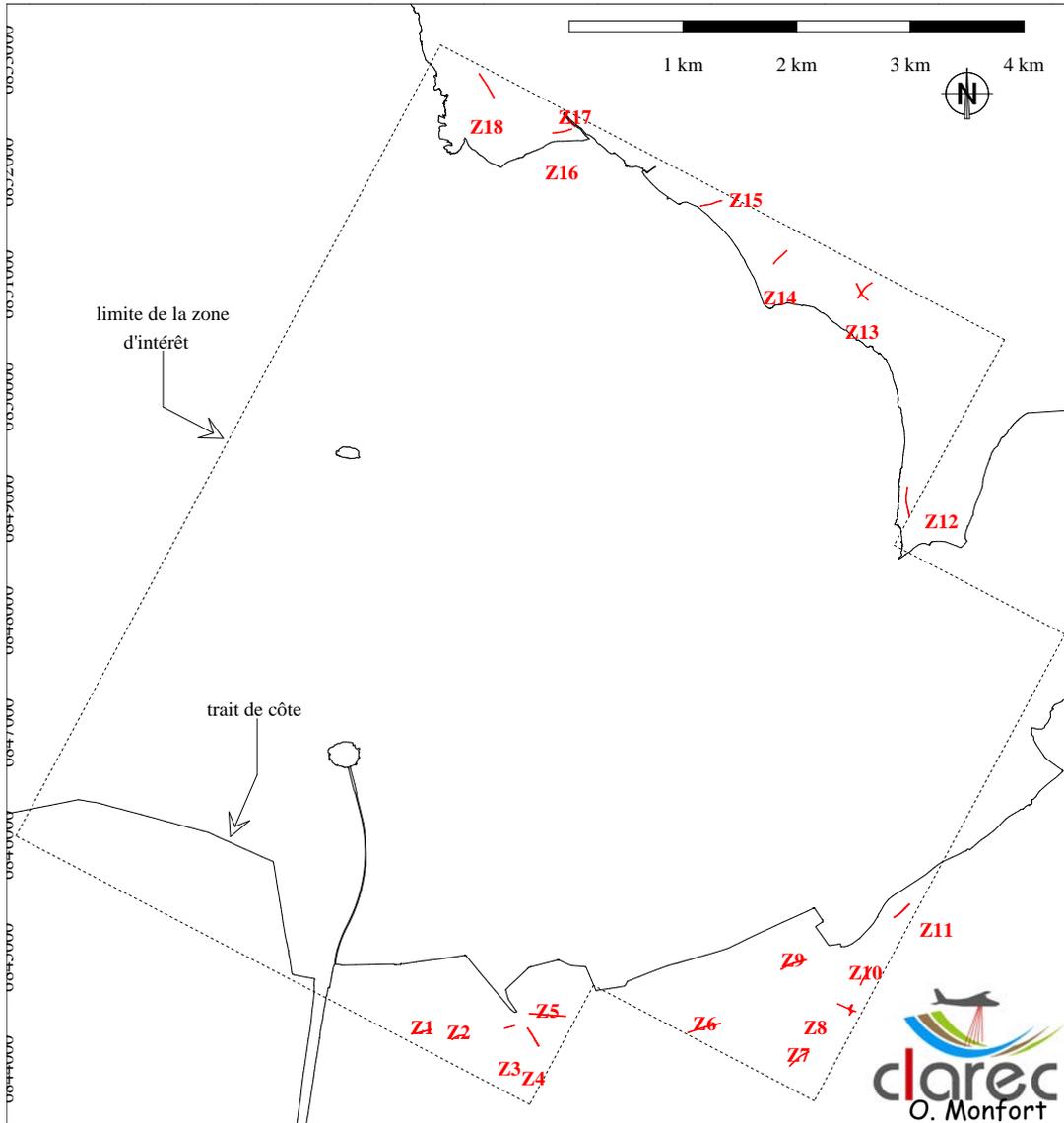
Finally iteration in the process

PRÉCISIONS GLOBALES

Précisions théoriques constructeur



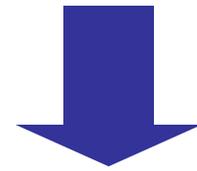
Précisions des mesures : écarts sur des zones de contrôle



-18 secteurs de contrôle
(routes aux abords de la zone
de suivi)

Calculs entre les levés :

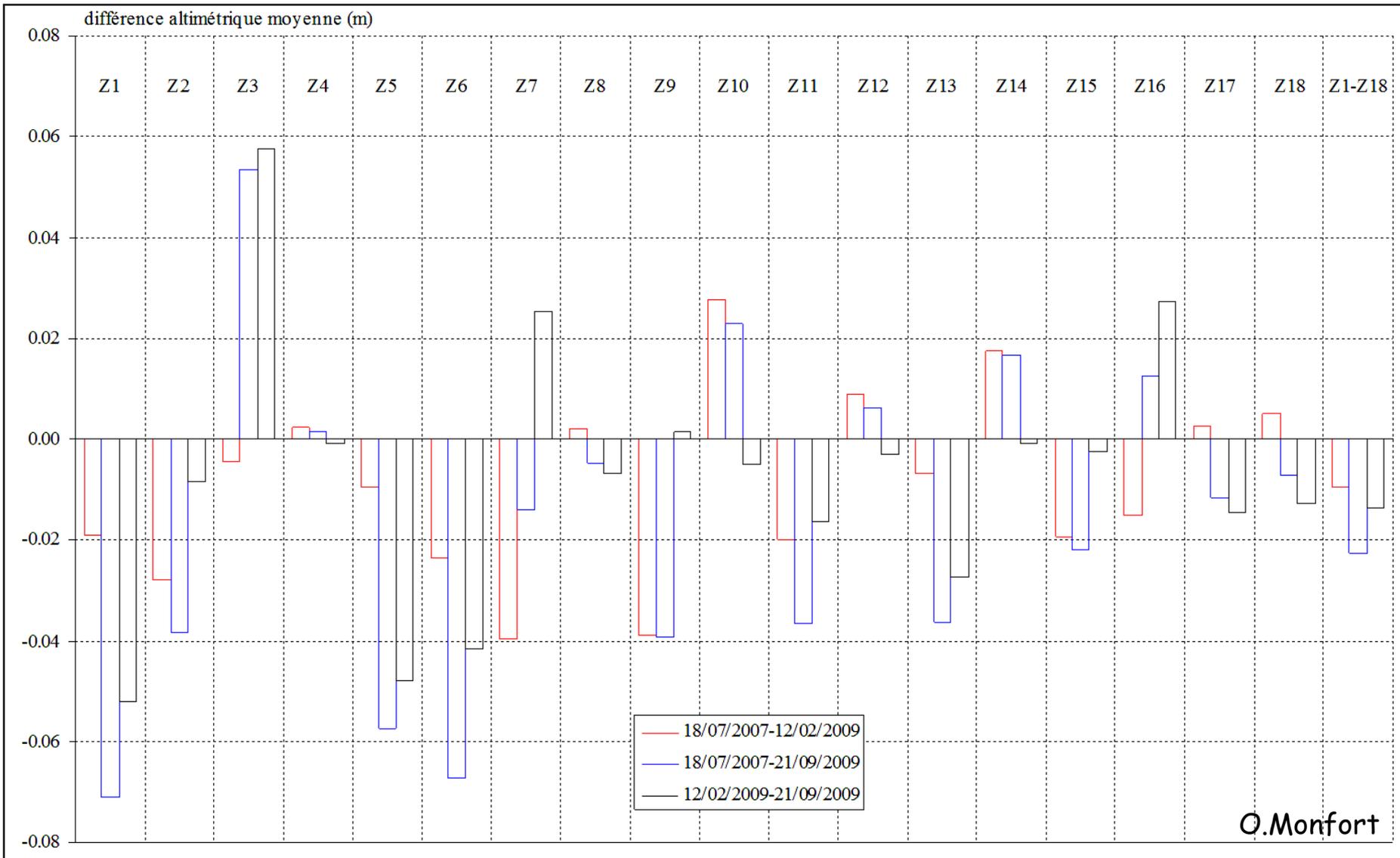
- écarts moyens entre les vols
- écarts type des différences



sur sol nu

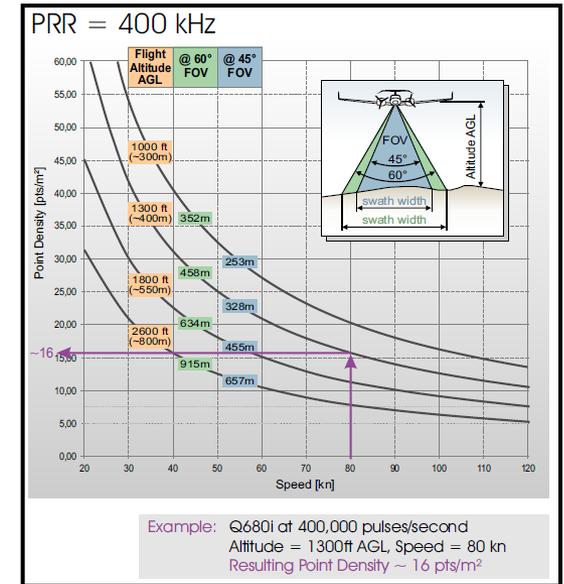
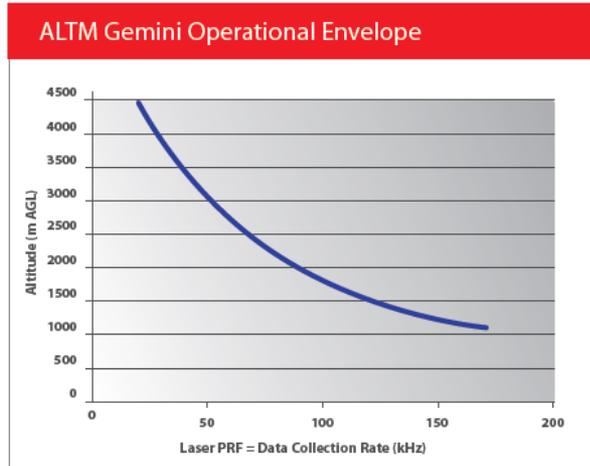
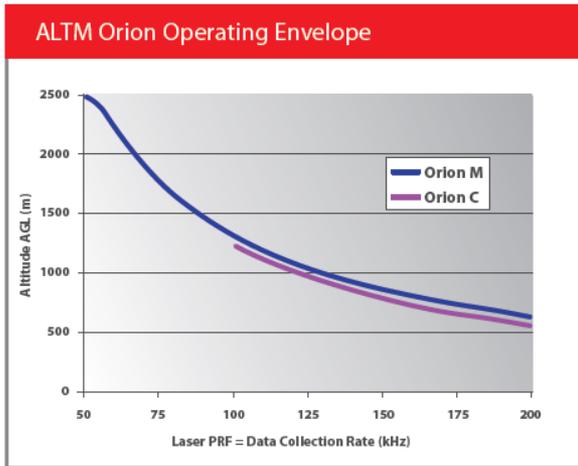
des écarts moyens maximum
de 7 cm

des écarts type inférieurs
à 6 cm

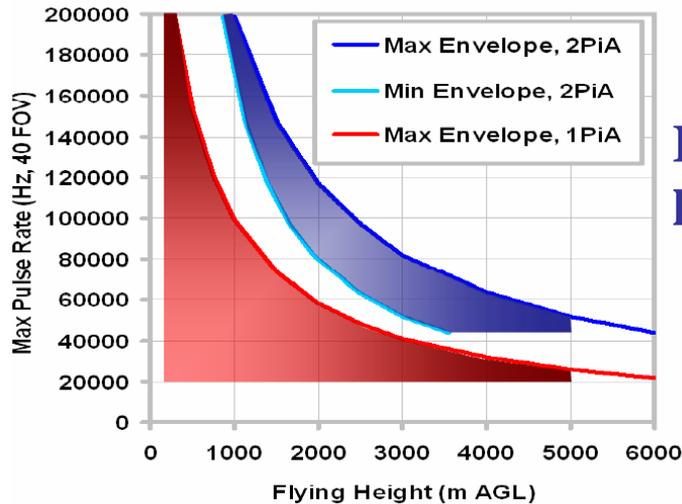


Écartés moyens entre trois levés sur sol nu stable

Pulse Rate : performances des systèmes aéroportés



Optech : 2 gammes pour des PR/portées max



Leica ALS60
le plus polyvalent

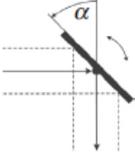
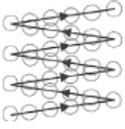
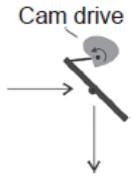
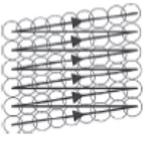
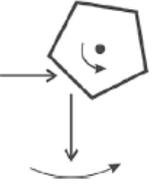
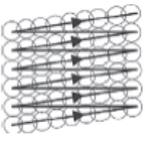
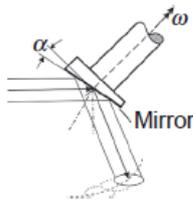
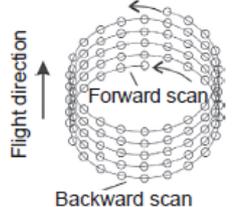


Optech Pegasus à 400 KHz
Leica ALS70 à 500 KHz
MPiA mais difficultés de dissociation

Riegl Q 680i :
haute performance
basse altitude et Full Wave
(400 m AGL FOV 60 : 8.2 pts/m² ALS60)

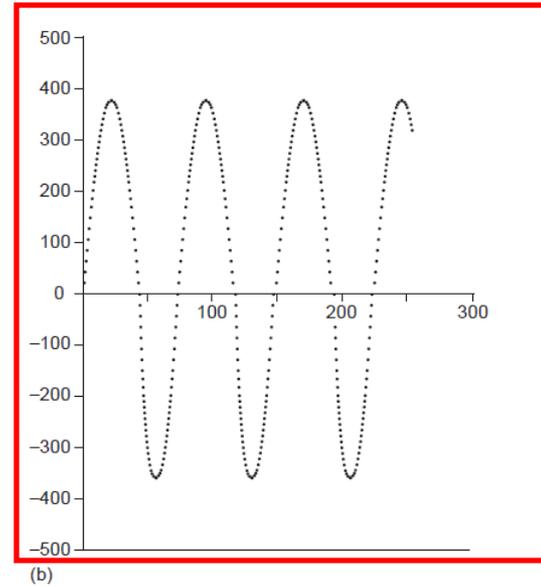
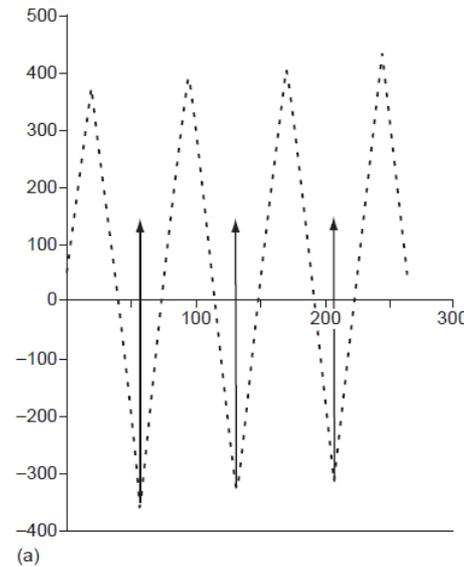
ALS : Airborne Laser Scanner

Scanners

Name	Principle	Scanning Pattern
Oscillating mirror scanner		
Oscillating mirror scanner with cam drive		
Polygon scanner		
Palmer scanner		


ALS60 LEICA

- fréquence de scan max : 100 Hz
- compensation de torsion
- distribution inégale des points



Avantage sur les maillages :

diminution de précision en bordure de
 fauchée est compensée par un échantillonnage
 plus important **MAIS** compensation de torsion

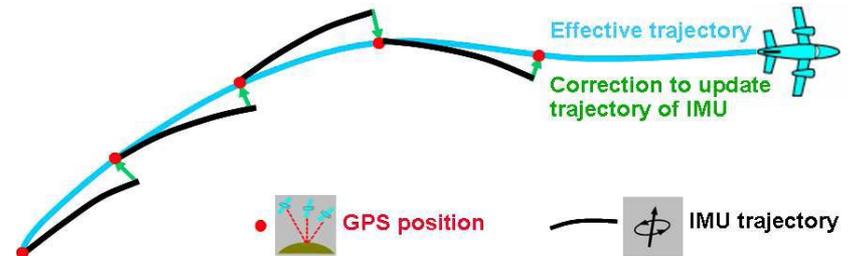
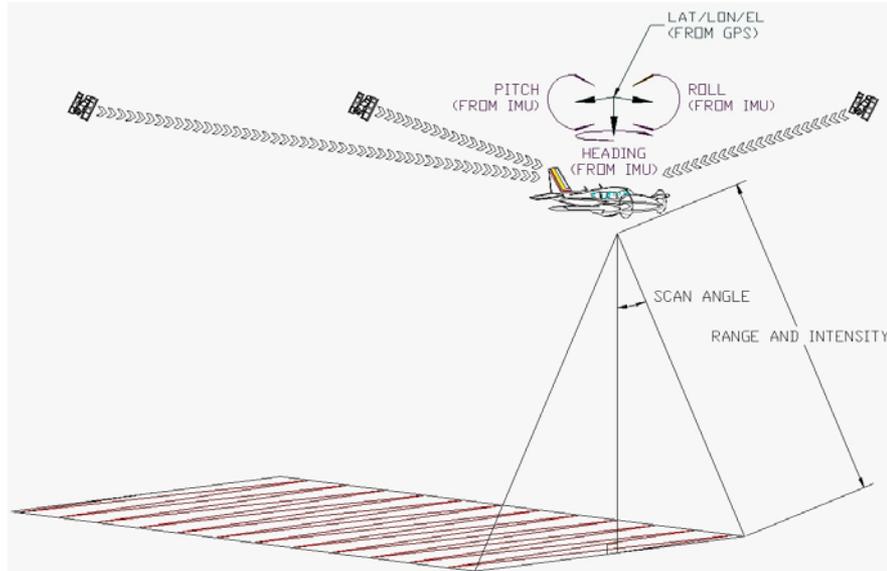
ALS : Airborne Laser Scanner

Attitude : Roulis Tangage Lacet : haute fréquence

centrales inertielles (+ codage du miroir) à qqes 100aines Hz

Positionnement centimétrique : dans un référentiel absolu

GPS : NAVSTAR+GLONASS à 2 Hz



Recalage IMU / GPS

Inertial Motion Unit : IMU

élément le plus sensible des systèmes (restriction aux exportations)

		NUS4	DUS5	NUS5	CUS6	
Absolute Accuracy After Post-processing (RMS)	Position	0.05 - 0.3 m	0.05 - 0.3 m	0.05 - 0.3 m	0.05 - 0.3 m	Ixsea Airins 0.15 m
	Velocity	0.005 m/s	0.005 m/s	0.005 m/s	0.005 m/s	0.01 m/s
	Roll & Pitch	0.008 deg	0.005 deg	0.005 deg	0.0025 deg	0.0025 deg
	Heading	0.015 deg	0.008 deg	0.008 deg	0.005 deg	0.005 deg
Relative Accuracy	Angular Random Noise	<0.05 deg/sqrt (hour)	<0.01 deg/sqrt (hour)	<0.01 deg/sqrt (hour)	<0.01 deg/sqrt (hour)	<0.01 deg/sqrt (hour)
	Drift	<0.5 deg/hour	<0.1 deg/hour	<0.1 deg/hour	<0.01 deg/hour	< 0.01 deg/hour
IMU	High Performance Gyros	200 Hz	200 Hz	500 Hz	200 Hz	200 Hz
		Fibre Optic Gyro	Fibre Optic Gyro	Dry Tuned Gyro	Ring Laser Gyro	
GPS Receiver	Internal in IPAS10 Control Unit	54-channel Dual Frequency Receiver (L1/L2) Low Noise, 20 Hz Raw Data, DGPS Ready				

Traitements GPS :

- PPK : méthode des doubles différences s'appuyant sur un réseau cohérent
- PPP : calcul par correction de trajectoires précises et horloge

IPAS10 Leica tolérances <
+/- 5 cm en z en PPK HF
500 Hz

MISE EN PLACE DE RÉSEAUX DE BASES GPS: PPK



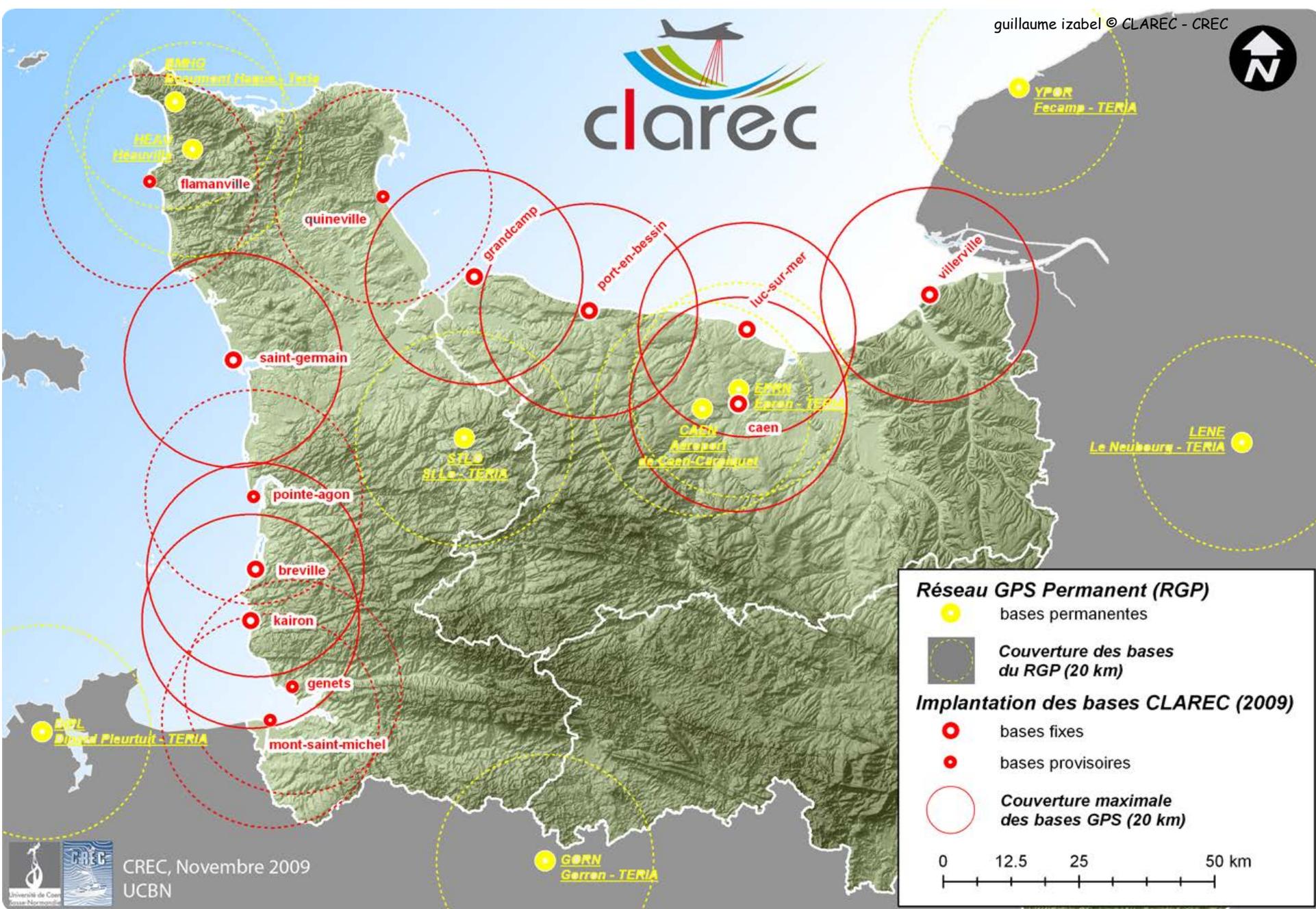
Base DGPS Calais



Base DGPS Le Hourdel



Base DGPS
Merlimont



Réseau GPS Permanent (RGP)

bases permanentes

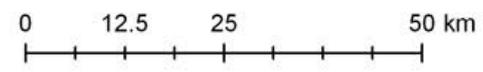
Couverture des bases du RGP (20 km)

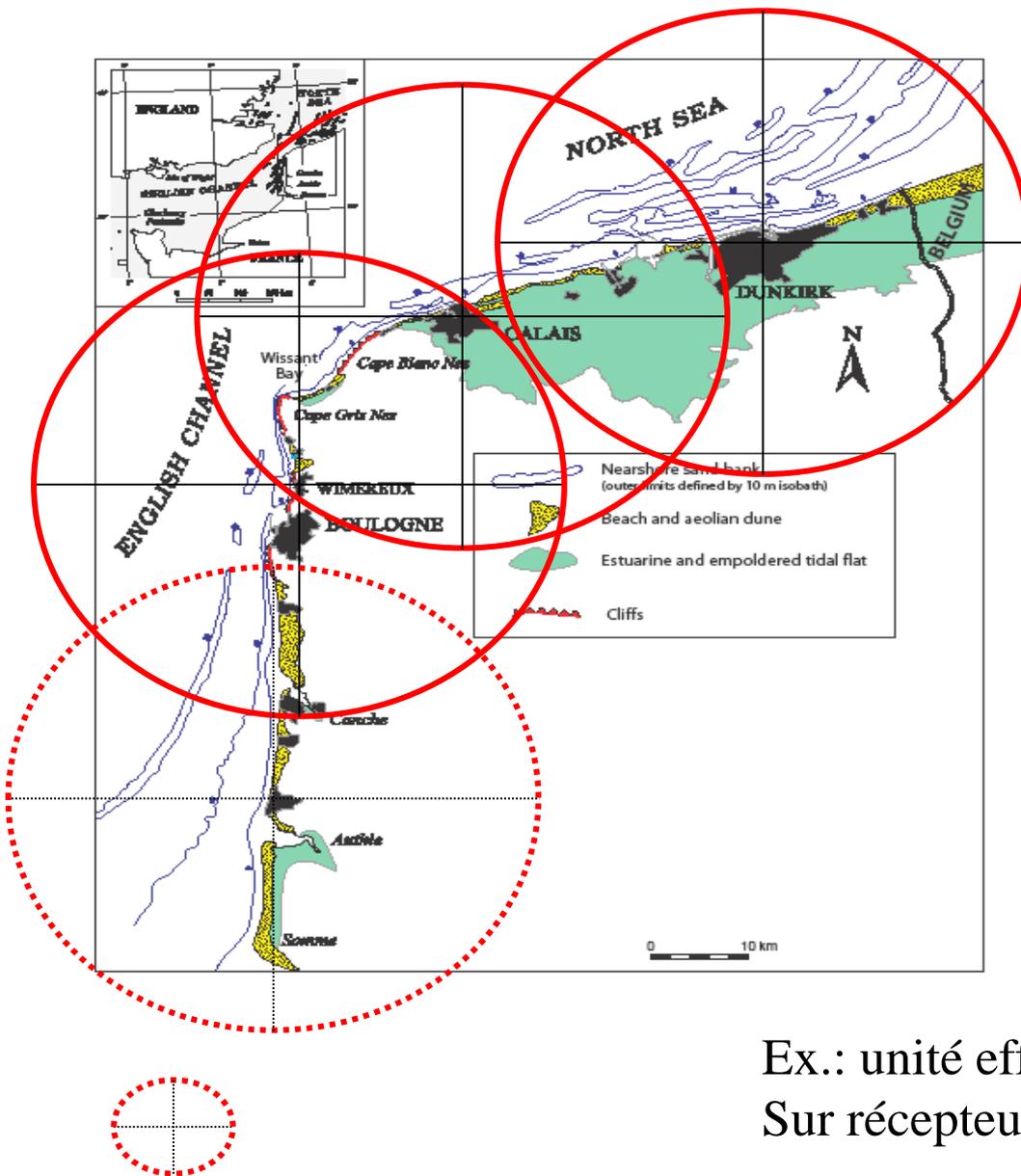
Implantation des bases CLAREC (2009)

bases fixes

bases provisoires

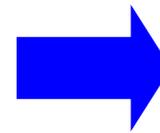
Couverture maximale des bases GPS (20 km)





POSITIONS DES BASES GPS SOLS

à installer



Autonomie
SECOURS :
-RGP
-ORPHEON

Ex.: unité effet doppler changer
Sur récepteur Leica => calcul RGP

ALS actuellement sur le marché

Optech : ALTM 3000 FW, Gemini, Orion, Pegasus (400 KHz)

Leica : ALS60 / ALS70 (500 KHz)

Riegl+intégrateur (IGI's Litemapper, Helimap)

Flimap - Fugro



- FOV : 70° + compensation de roulis
- PR : 200 KHz MPiA AGL > 1000 m
mais range gates : 156 m (1000mAGL) – 2348 m (5 000m AGL)
- autonomie acquisitions 18 h 200 KHz (500Go)

- ALS au large spectre d'utilisation
- Peut être amélioré en full wave form (1 ns)
- N'est pas le plus adapté pour faible altitude très haute densité
(peut être compensé en hélicoptère / vol lent)

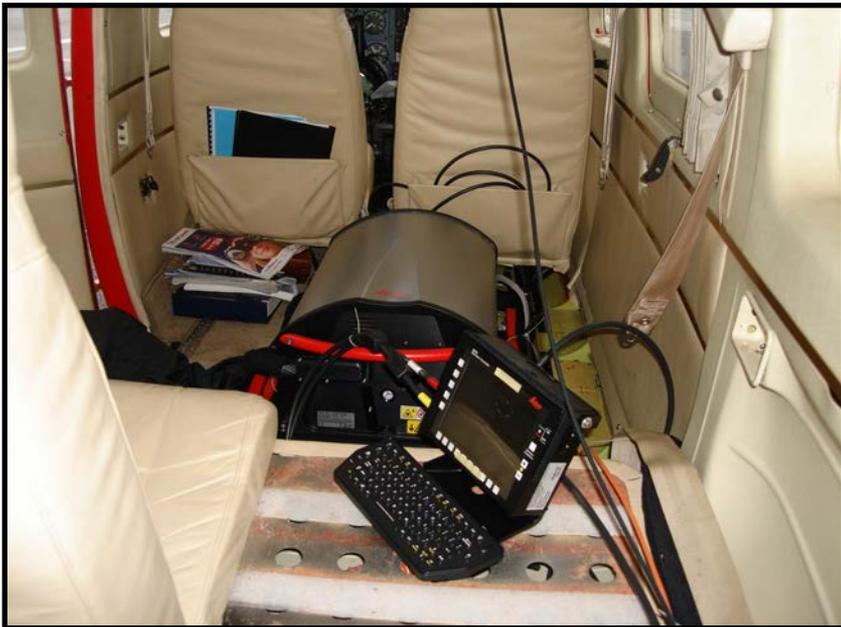
ALS 60 LEICA



Avion équipé d'une trappe
Double platine sur silent bloc



System Controller
Laser Controller



Scanner laser + IMU
Operating Controller

La camera Hasseblad

22Mp :

DigiCAM-H/22

objectif Hasselblad 50 mm

CCD moyen format :

22 mPix 5440 X 4080

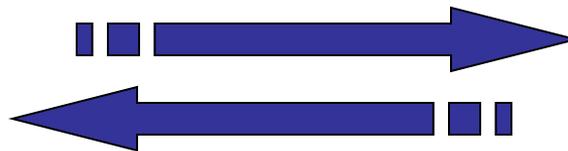
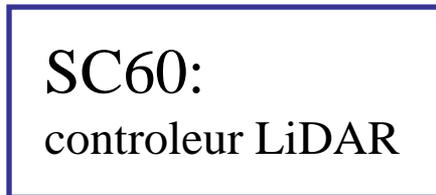
1 image/3 sec

Capacité de stockage :

850 images 70 Mo



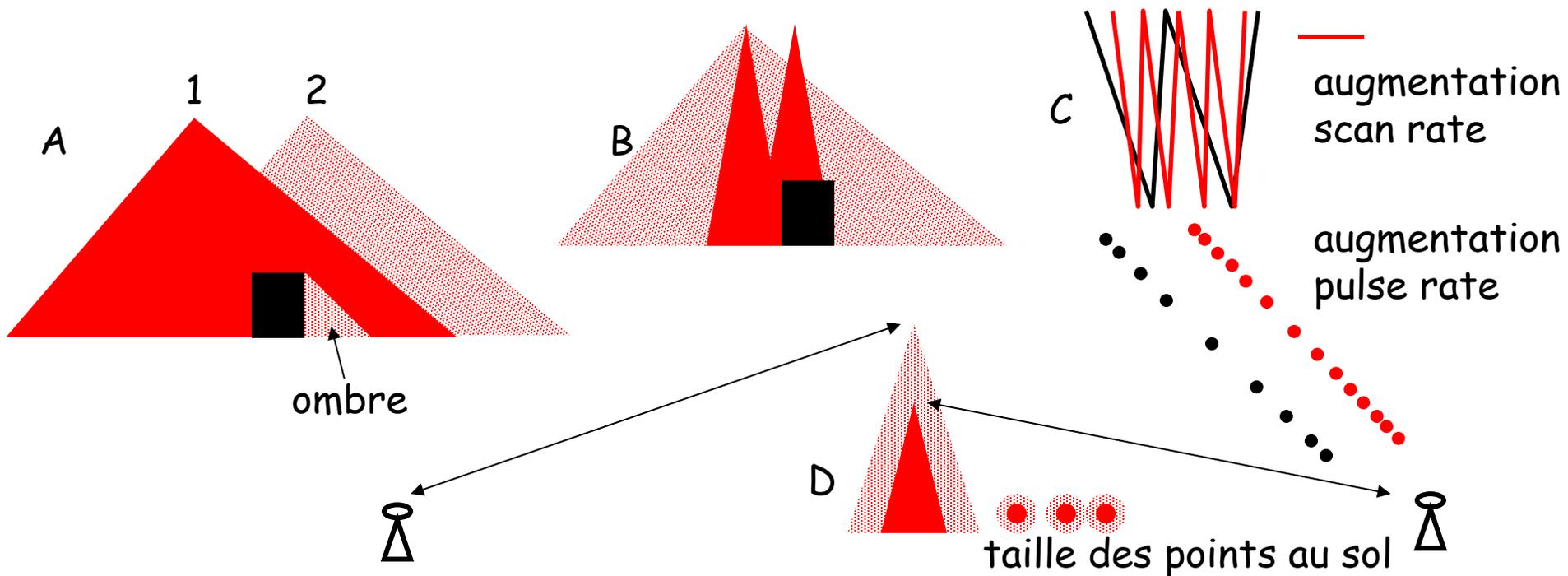
*1 : ordres de déclenchement
définis dans le plan de vol*



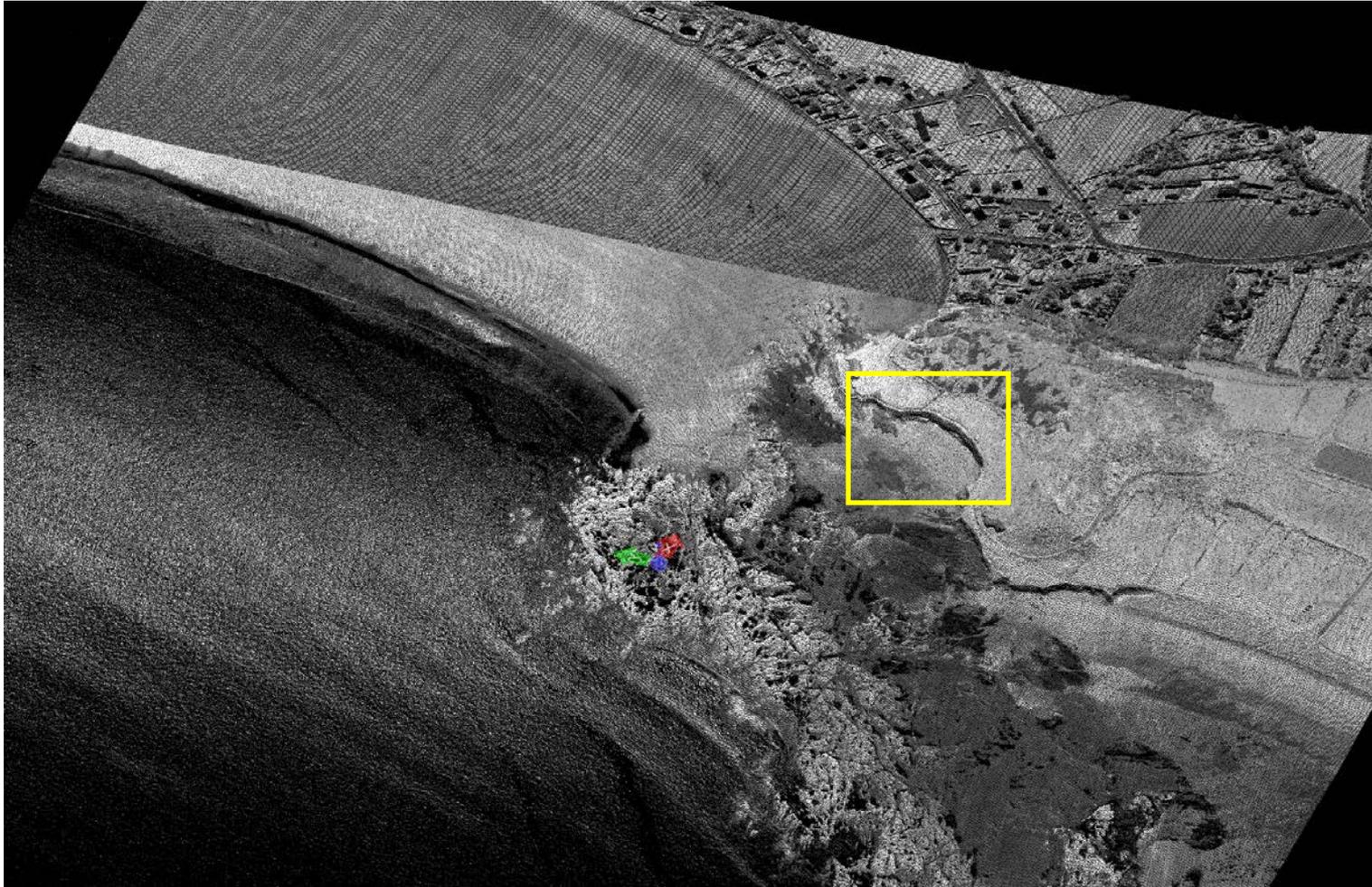
*2 : impulsion de retour
pour la synchronisation*

Les paramètres clés du dimensionnement d'un vol

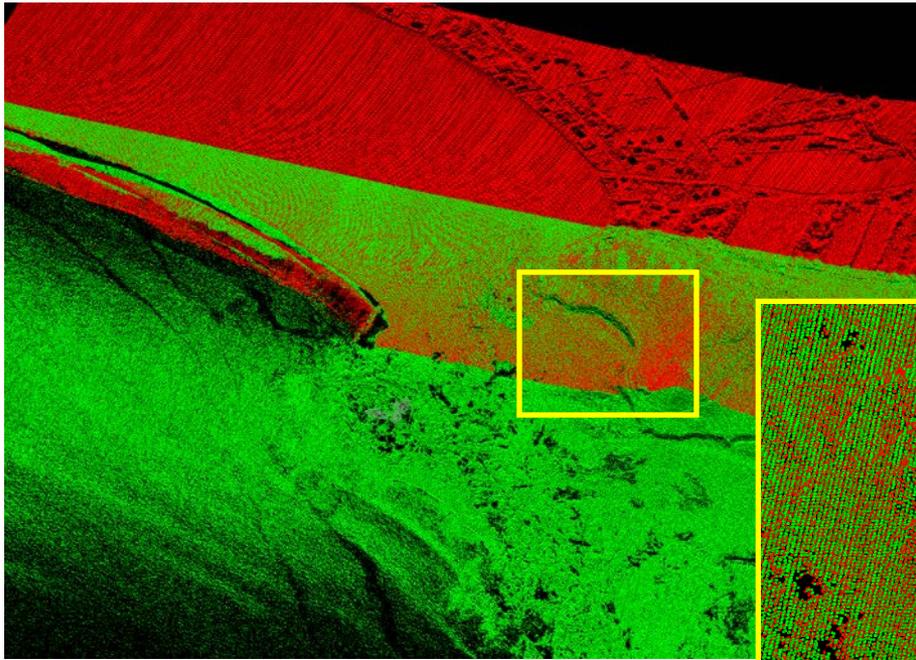
- A trajectoires fonction des objets à mesurer (zones d'ombre)
- B les incidences (trajectoires /ouvertures)
- C la densité de points requise et sa répartition (pulse rate / scan rate)
- D la résolution (hauteur de vol + empreinte au sol + pulse rate + distance aux bases DGPS sol)



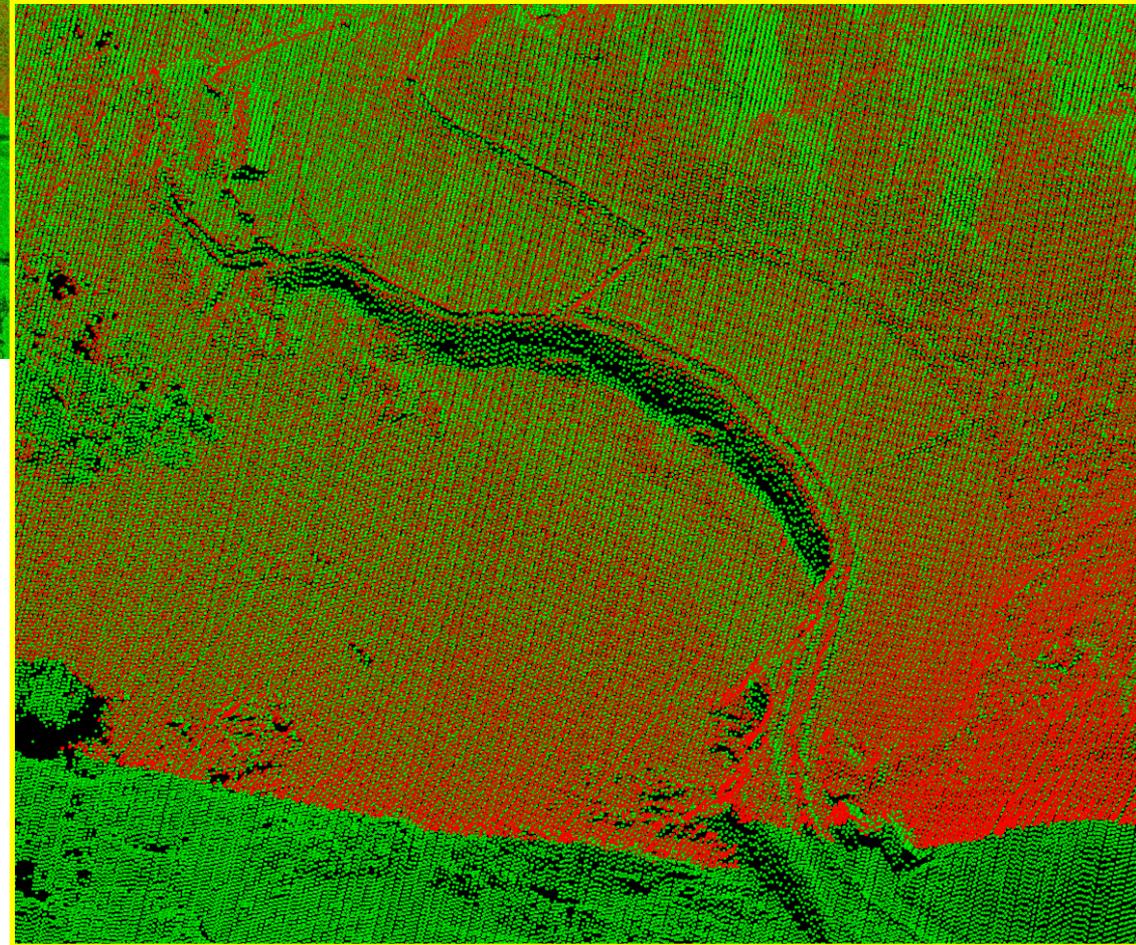
AJUSTEMENT D'UN PLAN DE VOL



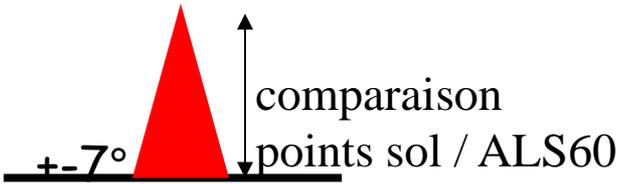
22092010 SIOUVILLE – COTE OUEST COTENTIN



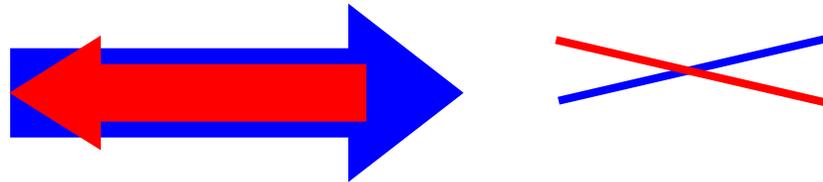
Exemple :
ajustement des incidences et
de la position des lignes de vol
pour limiter les ombres



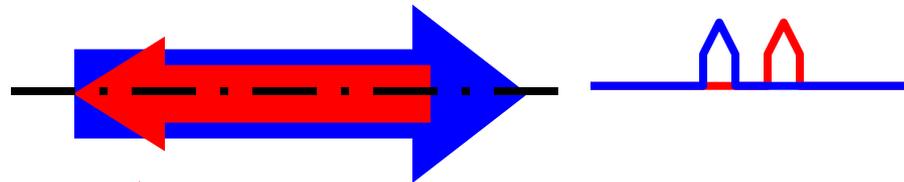
PARAMÈTRES DE CORRECTION : INTÉGRATION DANS LE PLAN DE VOL

- range calibration approximative 

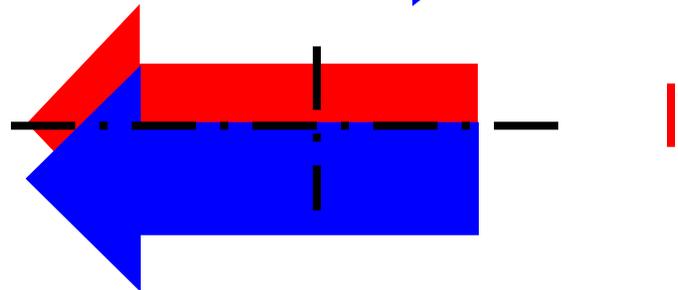
- décalage IMU miroir : roll
2 lignes de vol // sens inverse



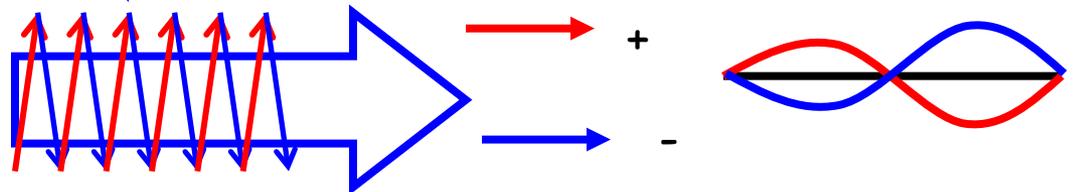
- décalage IMU miroir : pitch
2 lignes de vol // sens inverse



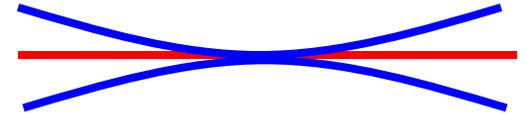
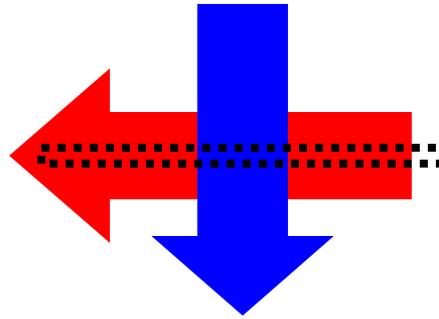
- décalage IMU miroir : heading
2 lignes de vol // même sens
décalée



- encoder latency : décalage
tps miroir / tps IMU



-effet de torsion du miroir +
compensation du range offset



quand les paramètres sont fixés :
range offset final par comparaison
points sol / levé LiDAR

VECTEURS SUPPORTS DES ALS

- contraintes à prendre en compte : taille trappe, masse embarquée, gps, nb de passagers, vitesse mini, alimentation électrique , autonomie, sécurité-bimoteur, pressurisation
- avion : assurance / autonomie / virages / vitesse
- hélicoptère : réception GPS / temps de vol / alignement IMU /montages capteurs



Partenavia P68
110 nds 800 €/h



BN2T
50 nds 900 €/h



Ecureuil mono turbine
statique, virage sur place
1200 €

Levé de falaise sous végétation > 10pts/m² ex. Villerville (14)



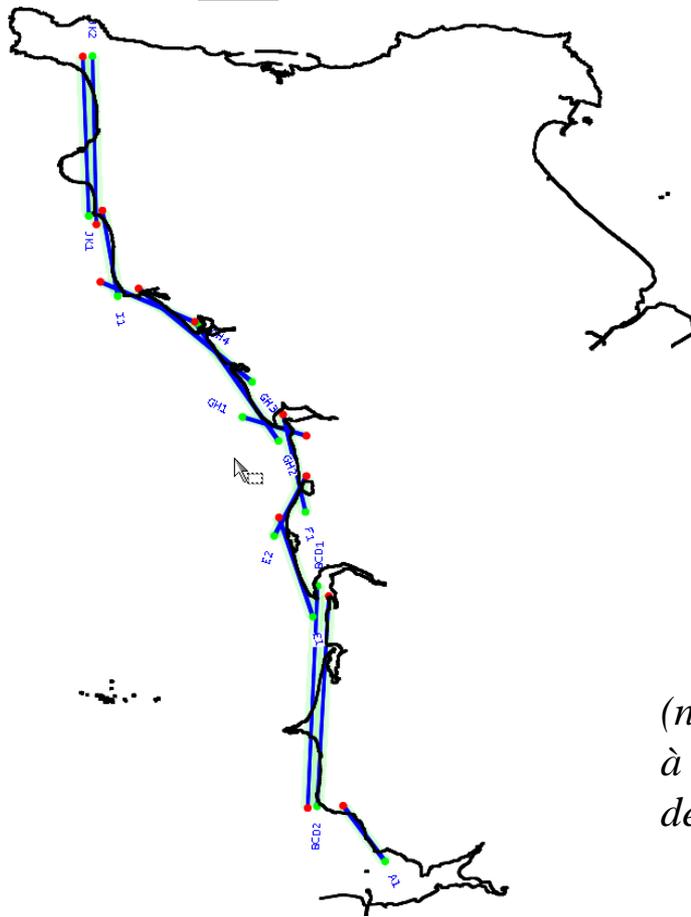
Partenavia : 10 pts/m²
2h25 de vol # 1950 €
(2 passages)

BN2T : 12 pts/m²
1h40 de vol # 1500 €

Ecureuil : 12 pts/m²
55 mn de vol # 1100 €
(gain de tps sur les virages)

(plan de vol 800 m) : empreinte 19 cm – 12 km²

Levé de plages linéaire # 2 pts/m² ex. Côte Ouest Cotentin

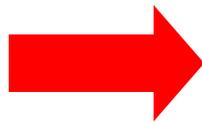


BN2T : 2 pts/m²
2h15 de vol # 2 025€

Partenavia : 2 pts/m²
2h15 de vol # 1 687 €

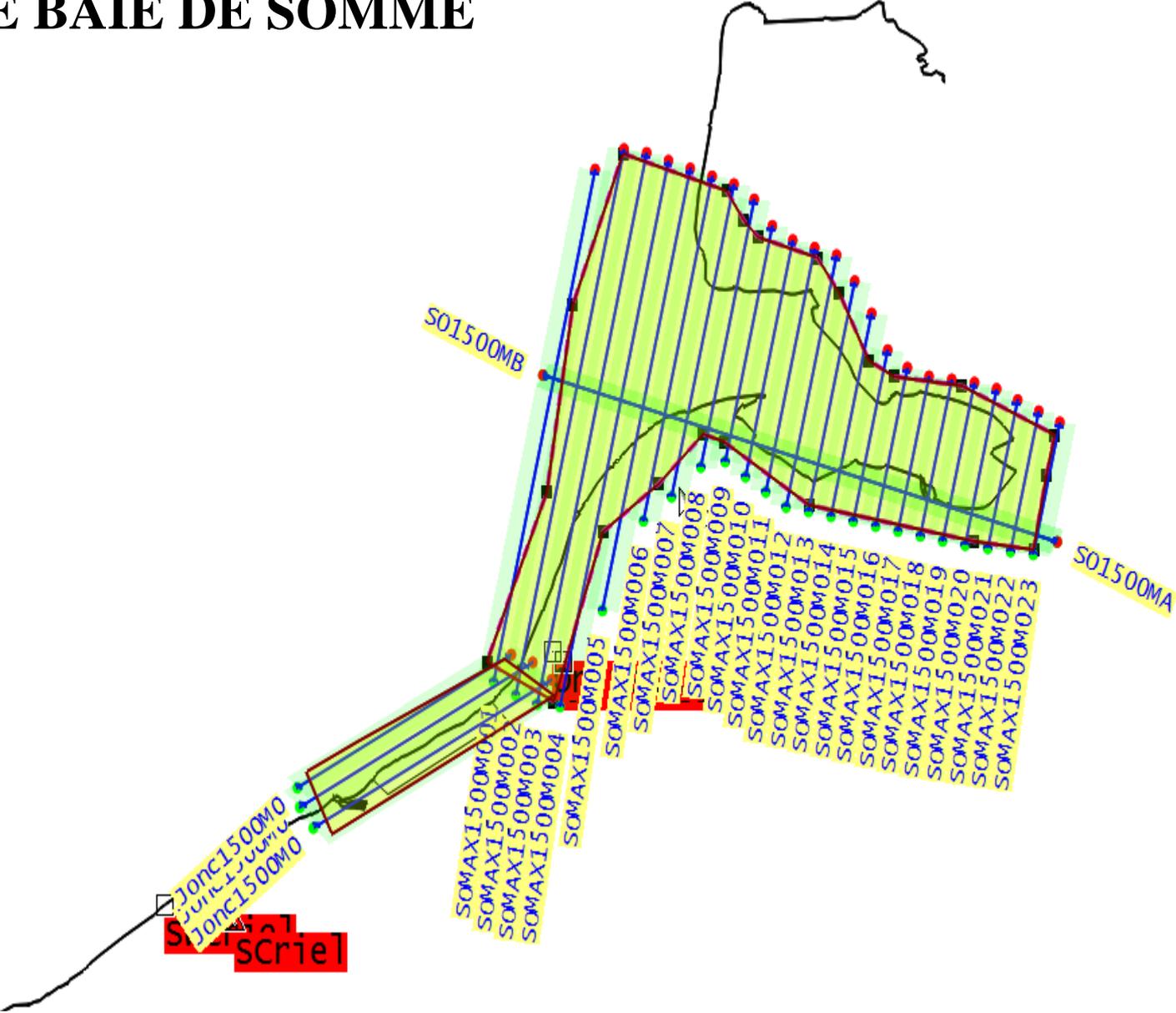
Ecureuil : 2 pts/m²
de vol # 1650 €
(gain de tps sur les virages)

*(non pris en compte transit immobilisation,
à affiner pour l'hélicoptère + le déploiement +
déport de l'antenne GPS)*

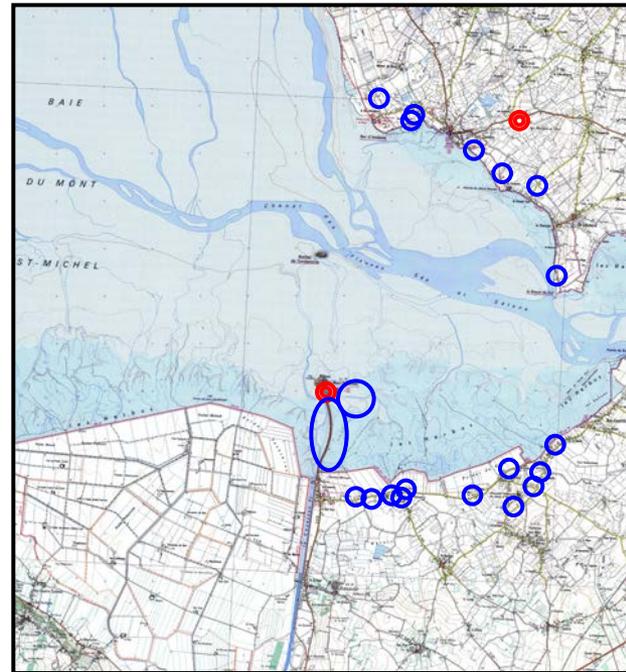


adaptation du vecteur support aux besoins
pour diminuer les coûts et privilégier une seule
passe à haute densité (meilleure précision)

EXEMPLE BAIE DE SOMME



Positionnements :
-bases GPS sol : 
-zones de contrôle
et calibration lidar : 



EX. PLANS DE VOL : Mont Saint Michel 12/02/2009



800 m AGL

réalisation de plans de vols
avec deux scénarii
météorologiques



1500 m AGL

EXEMPLE DE FLIGHT SHEET

Name	Target Speed [kts]	Line Direction [deg]	Alt MSL [m]	FOV [deg]	Used Scan Rate [Hz]	Used Laser Pulse Rate [Hz]	Laser Current in Percent	Multi Pulse Mode	Length [m]
AGT800M40D001	100.0	224.3	803	60.0	47.7	105900.0	9,8	Disabled	5278
AGT800M40D01	100.0	71.2	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	4644
AGT800M40D02	100.0	71.2	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	4644
AGT800M40D02	100.0	251.3	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	4644
AG800M40D001	100.0	169.6	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	6023
AG800M40D002	100.0	169.6	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	6323
AG800M40D003	100.0	169.6	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	6622
AG800M40D004	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	6919
AG800M40D005	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	7205
AG800M40D006	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	7497
AG800M40D007	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	5450
AG800M40D008	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	5278
AG800M40D009	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	5190
AG800M40D010	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	3646
AG800M40D011	100.0	169.7	803	40.0	59.4	113700.0	9,8	Disabled	1903
								record	0,41
								virage	0,75
								« 8 »	0,2
								TOTAL	1,36

CONTRAINTE MARÉE UNE OPÉRATION

AGON		alti IGN69 niveau mini-mini		1H17 à 800 m
				0H51 à 1500 m
date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	
15/10/2012 13:04	-3.500	15/10/2012 16:12	-3.500	3h08
16/10/2012 13:41	-3.500	16/10/2012 17:04	-3.500	3h23
17/10/2012 14:22	-3.500	17/10/2012 17:49	-3.500	3h27
18/10/2012 15:06	-3.500	18/10/2012 18:28	-3.500	3h22
19/10/2012 15:59	-3.500	19/10/2012 19:00	-3.500	3h01
20/10/2012 17:10	-3.500	20/10/2012 19:21	-3.500	2h11

PROGRAMMATION PLUSIEURS OPÉRATIONS

- Différents plans de vol
- Différents sites



Plans A, B, C Mutualisation
Valorisation de transit

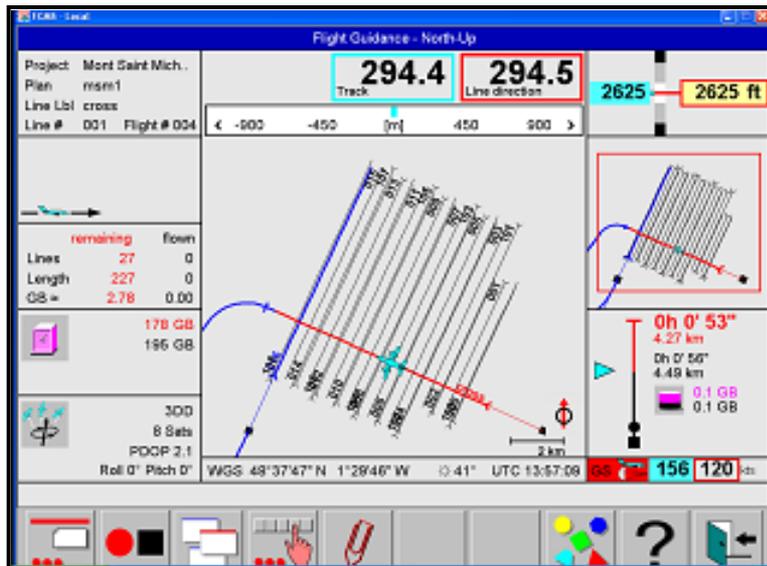
MONT SAINT MICHEL		alti IGN69 mi marée		1H54 à 800 m 1H12 à 1500 m	AGON	alti IGN69 niveau mini-mini		1H17 à 800 m 0H51 à 1500 m	
date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)		date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	
15/10/2012 11:08	0.500	15/10/2012 17:21	0.500	6h13	15/10/2012 13:04	-3.500	15/10/2012 16:12	-3.500	3h08
16/10/2012 11:52	0.500	16/10/2012 18:06	0.500	6h14	16/10/2012 13:41	-3.500	16/10/2012 17:04	-3.500	3h23
17/10/2012 12:35	0.500	17/10/2012 18:50	0.500	6h15	17/10/2012 14:22	-3.500	17/10/2012 17:49	-3.500	3h27
18/10/2012 13:16	0.500	18/10/2012 19:32	0.500	6h16	18/10/2012 15:06	-3.500	18/10/2012 18:28	-3.500	3h22
19/10/2012 13:58	0.500	19/10/2012 20:15	0.500	6h17	19/10/2012 15:59	-3.500	19/10/2012 19:00	-3.500	3h01
20/10/2012 14:43	0.500	20/10/2012 20:59	0.500	6h16	20/10/2012 17:10	-3.500	20/10/2012 19:21	-3.500	2h11
HORAIRES DE MAREE				BAIE DE L'ORNE		1H15 à 800m			
BASSES MER TU +2									
DATES	MTSTMICHEL	AGON		date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)	date (TU +2 h.)	Ht (m IGN69)		
15/10/2012	14:53	15:03							
16/10/2012	15:41	15:52		15/10/2012 16:26	-2.110	15/10/2012 19:30	-2.110	3h04	
17/10/2012	16:25	16:38							
18/10/2012	17:05	17:20		16/10/2012 17:03	-2.110	16/10/2012 20:18	-2.110	3h15	
19/10/2012	17:43	17:59							
20/10/2012	18:21	18:40		17/10/2012 17:44	-2.110	17/10/2012 21:02	-2.110	3h18	
				18/10/2012 18:32	-2.110	18/10/2012 21:44	-2.110	3h12	
				19/10/2012 19:27	-2.110	19/10/2012 22:23	-2.110	2h56	
				20/10/2012 20:36	-2.110	20/10/2012 22:58	-2.110	2h22	

MÉTÉO OK : DÉCLENCHEMENT DES OPÉRATIONS

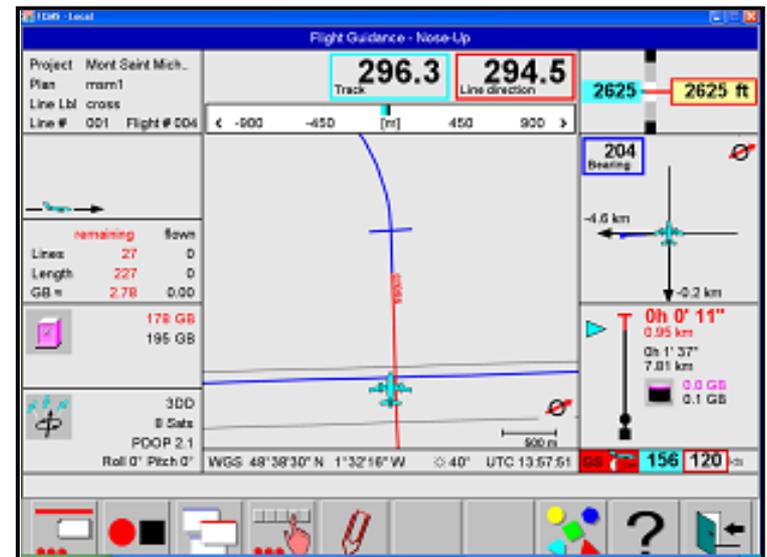


- installation avion + tests sols : 2 h
- mesures de calibration / contrôle en parallèle

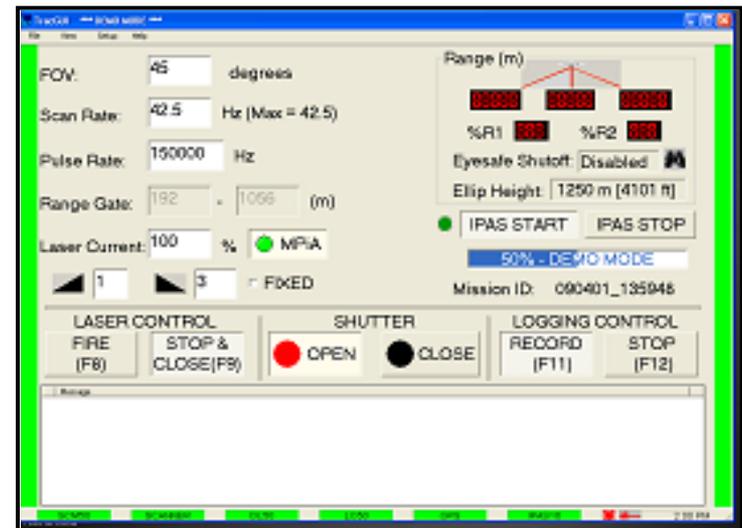
Navigation gérée
par l'opérateur +
Répétiteur pilote pour suivre le
plan de vol



Vue générale du plan de vol



Zoom d'approche



Configuration des acquisitions en vol

VÉRIFICATIONS EN VOL

La web cam : 1.3 Mp

- système de contrôle en vol en temps réel pour ajuster les paramètres d'acquisition et interpréter les variations de retour



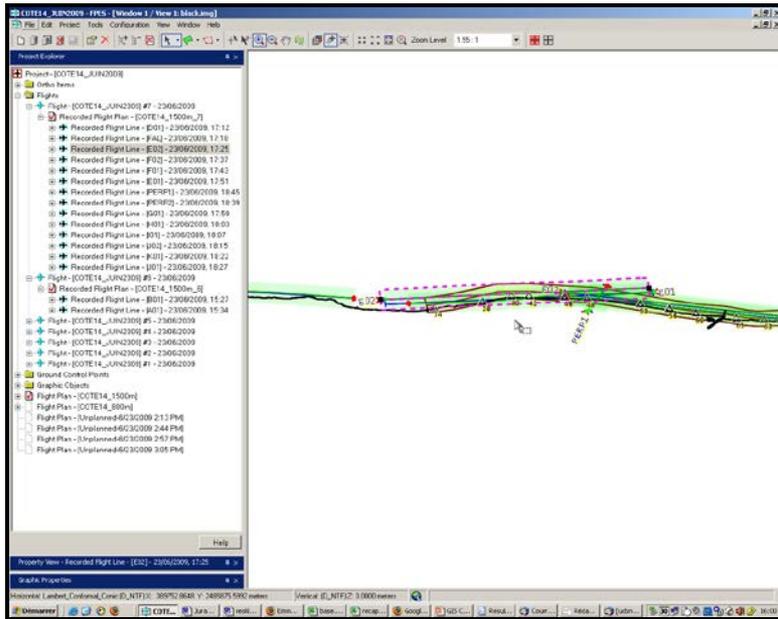
Mont Saint Michel 120209



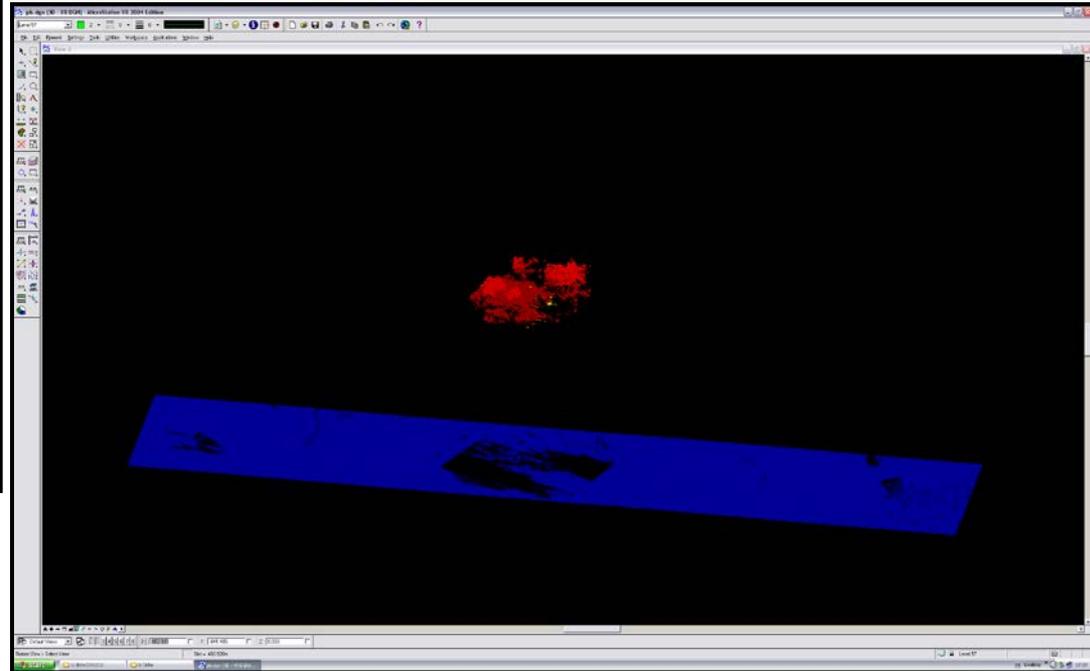
Pointe d'Agon 120209

VÉRIFICATIONS AU SOL

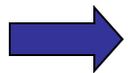
Vérification des acquisitions brutes (Flight Processing and Evaluation System)



confrontations plan de vol /
acquisition



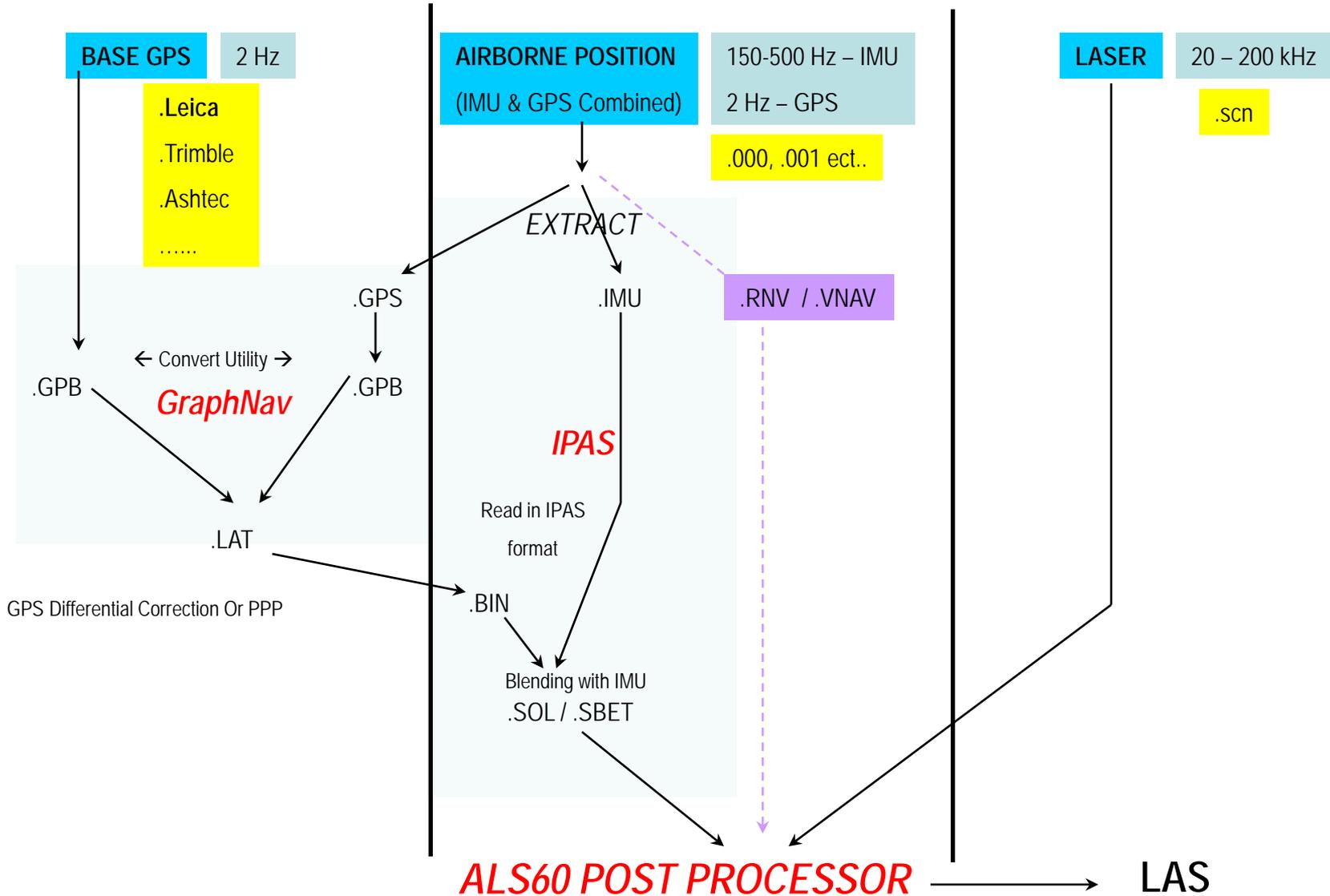
effet de nuages : Mont Saint Michel
sept. 2009 Absence d'acquisition sous les
nuages



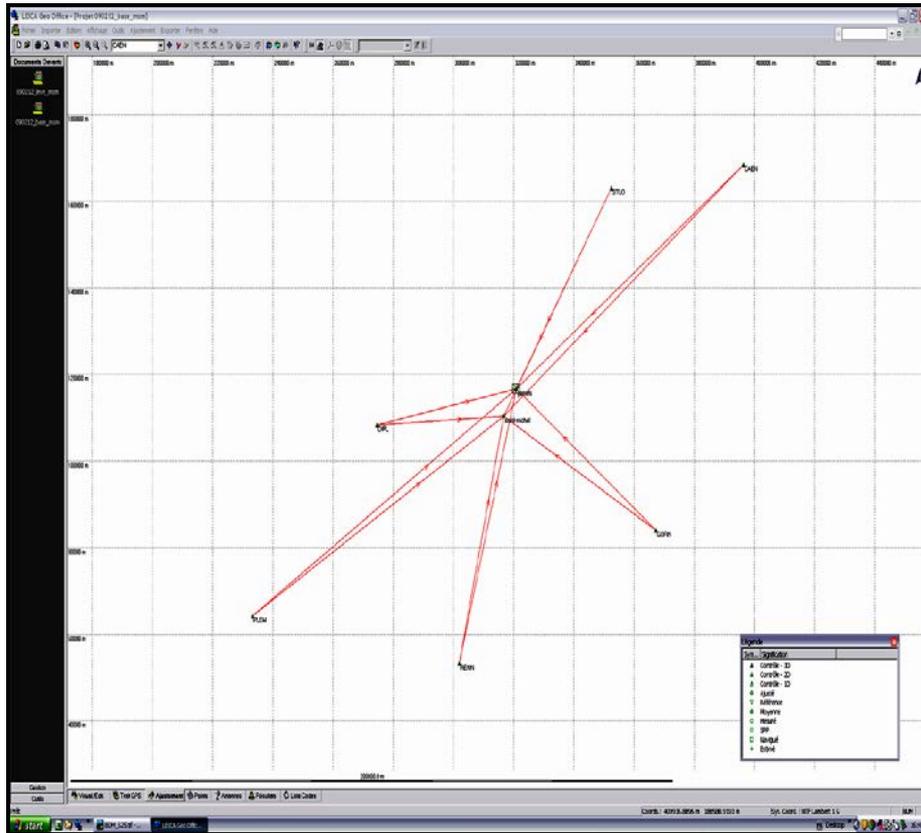
faut il ou non voler à nouveau le secteur avant de renvoyer l'avion ??

ALS50 workflow – IPAS Trajectory Processing

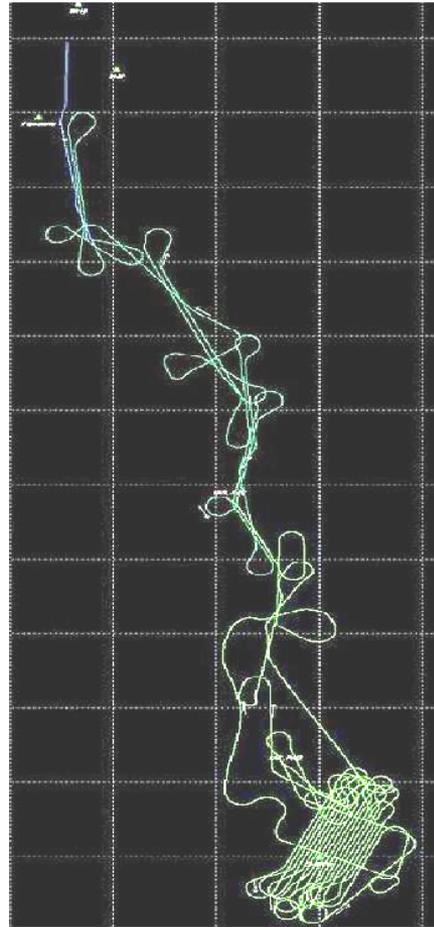
Processing



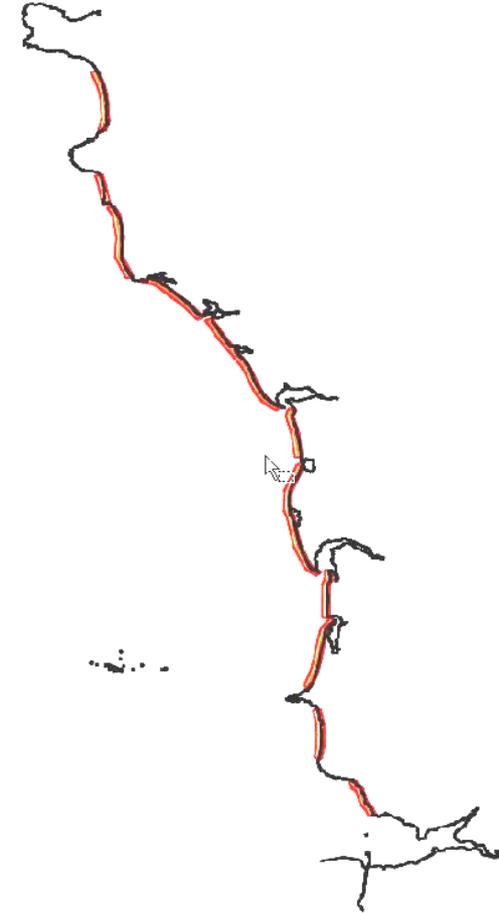
CALCUL DE LA TRAJECTOIRE DE L'AVION



calcul du réseau de bases au sol :
Leica GéoOffice



calcul de trajectoires centimétriques :
GrafNav



CRITÈRE « COMBINED SEPARATION » +/- 5 cm

PROJET LiDAR: WORKFLOW DONNÉES - ITÉRATIONS

ALS PP: Airborne Laser Scanner – Post Processing

Terrasolid : Tscan Tmatch(TieLines)

Génération du las
(attention aux lever arms)

Pré-Classification (sol – zones stables hors eau-végétation)

1^{ère} range calibration

Torsion (ne doit pas bcp varier)
Latence (fixe)

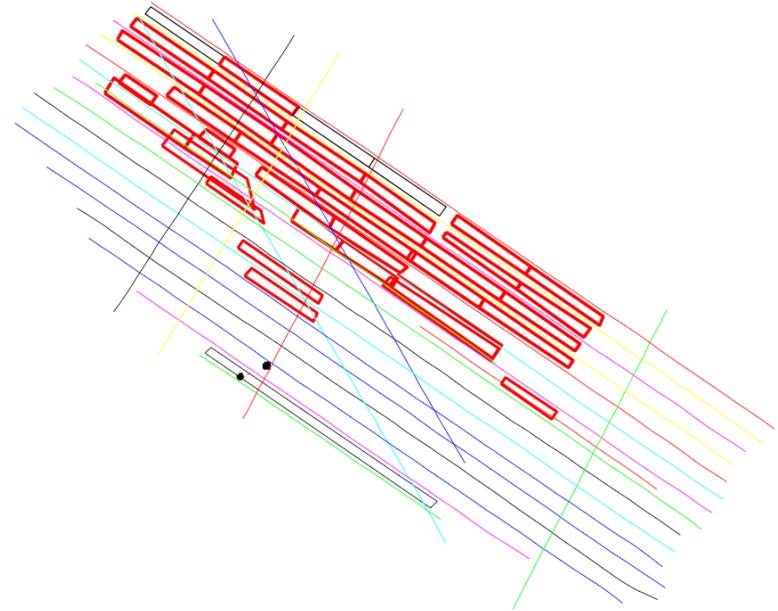
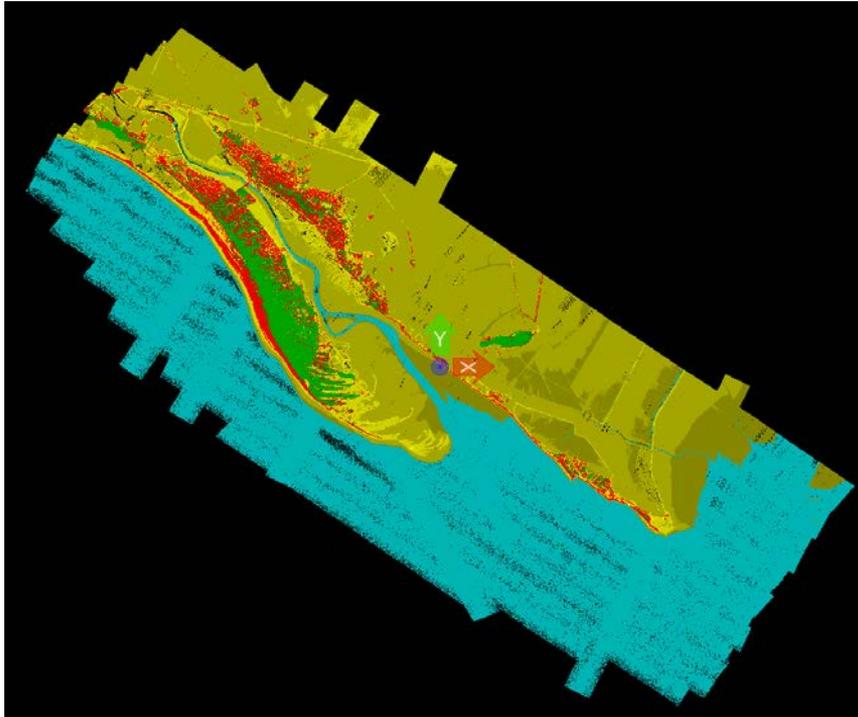
Boresights (P.H.R.)
Comparaison Overlaps
Outil Tie lines
Forte dépendance à la nature des surfaces:
=> Attention aux Statistiques

Final Range calibration

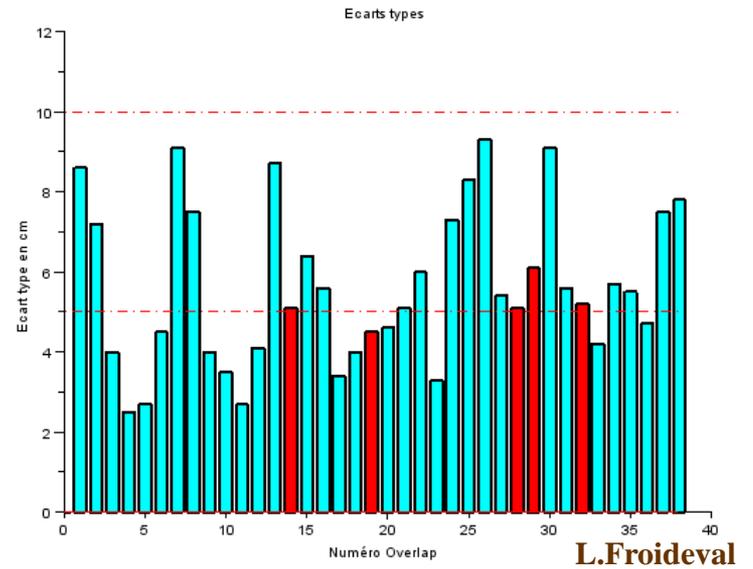
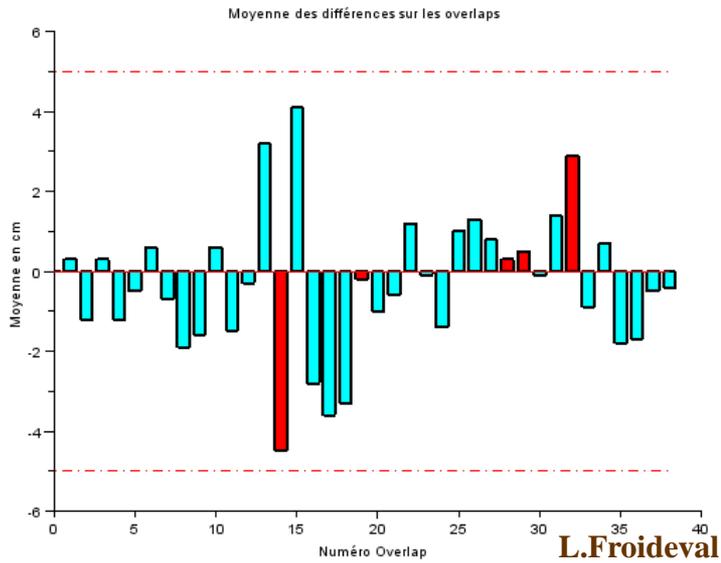
CLASSIFICATIONS : EXTRACTION D'OBJETS
Blocs / Lignes de vol



QUALIFICATION DE LA COHÉRENCE DE LEVÉS : vol du 21 juin 2010 La Faute-sur-Mer l'Aiguillon



extraction de zone commune entre les lignes de vols
(overlaps) pour calculs statistiques



moyennes des différences
entre lignes de vol $< \pm 5$ cm

écart type des différences
(fortement influencé par la rugosité)

LES OUTILS LOGICIELS

PLANNIFICATION

FPES / Mission Pro (LPS)

GPS

LGO / Grafnet

ACQUISITION/NAVIGATION

FCMS/TracGUI/IPAS-Controller

TRAITEMENT BRUT

IPAS PRO (Trajectoire, IMU, Laser scan)

TRAJECTOIRE

Grafnav (novatel) (ppk, ppp, corrections diverses, combined separation)

GENERATION DU NUAGE DE POINTS

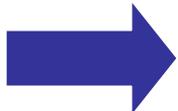
ALS PP (latency, leverarms, boresight, bank calibration, range calibration, atmospheric parameters, IBRC ...)

CORRECTION, CLASSIFICATION, RENDUS

suite Terrasolid (Terrascan, Terramatch, TerraModeler, Terraphoto ...)

MISE EN FORME / S.I.G.

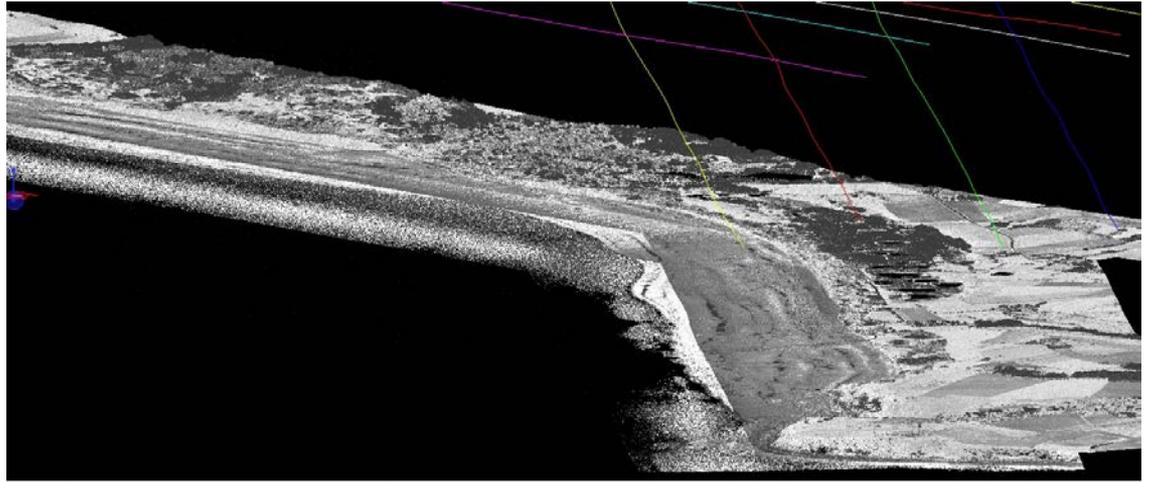
Surfer, ARCGIS



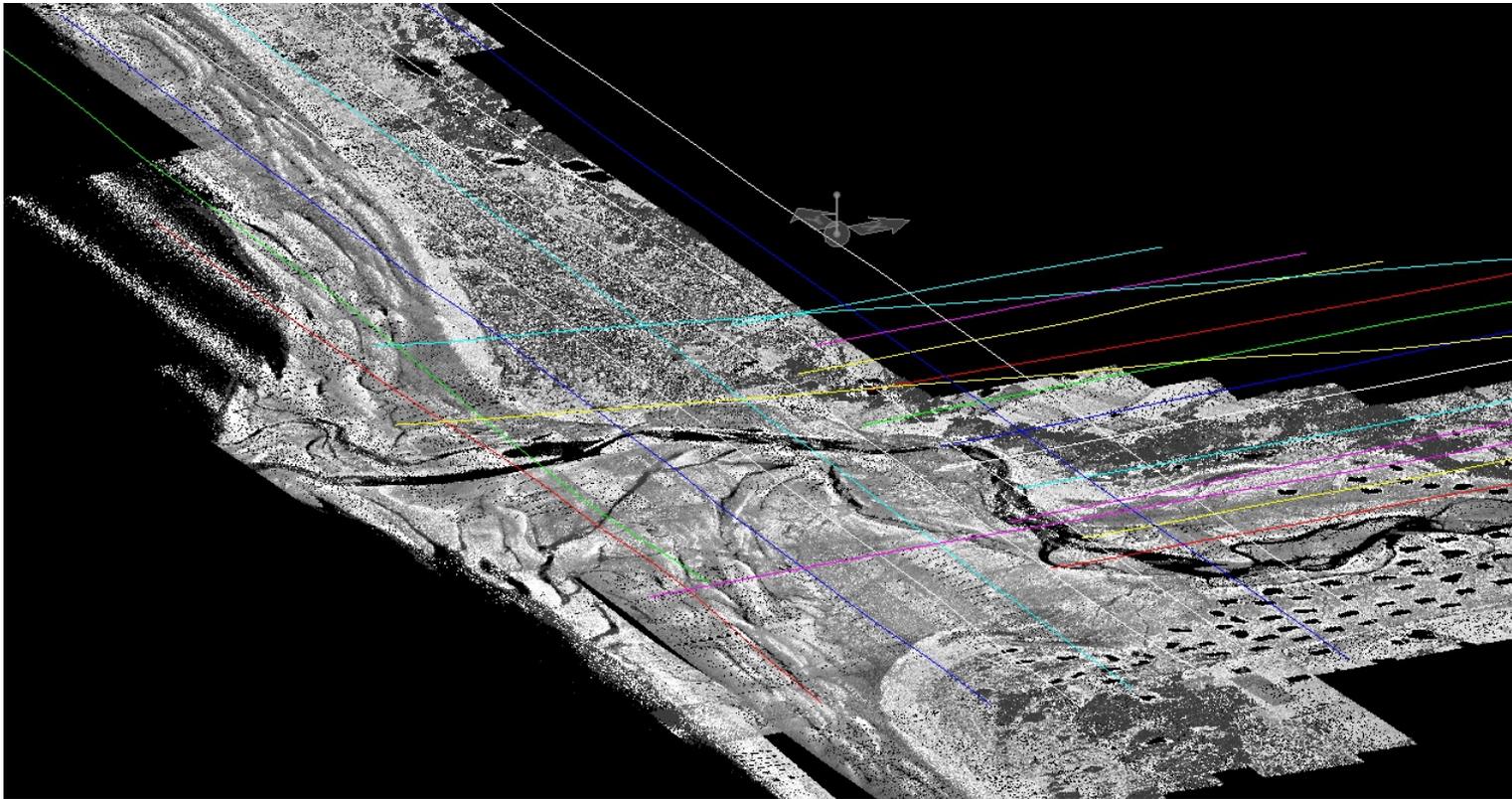
Une douzaine de logiciels

+ matlab +scilab
pour applications particulières

REPRÉSENTATION EN FONCTION INTENSITÉ



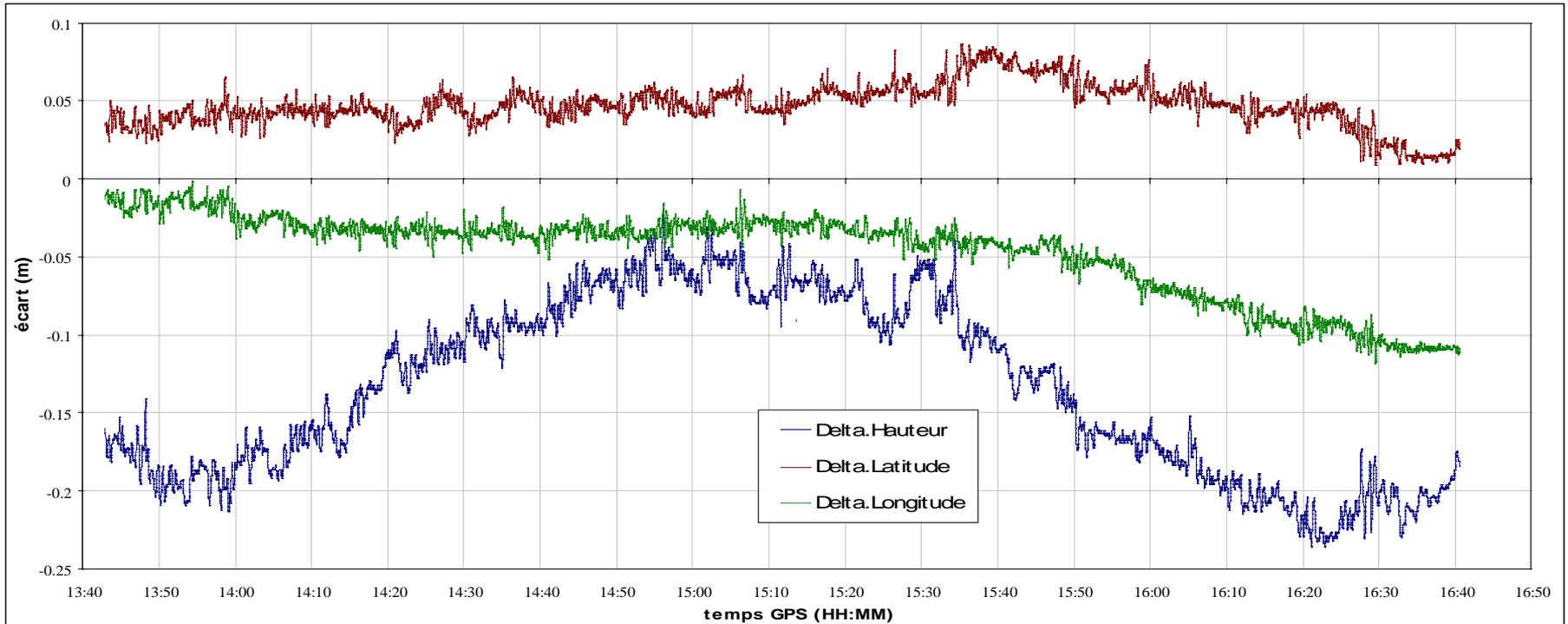
Wissant – mars 2011



Baie
d'Authie –
mars 2011

TRAVAUX SUR LES TRAJECTOIRES

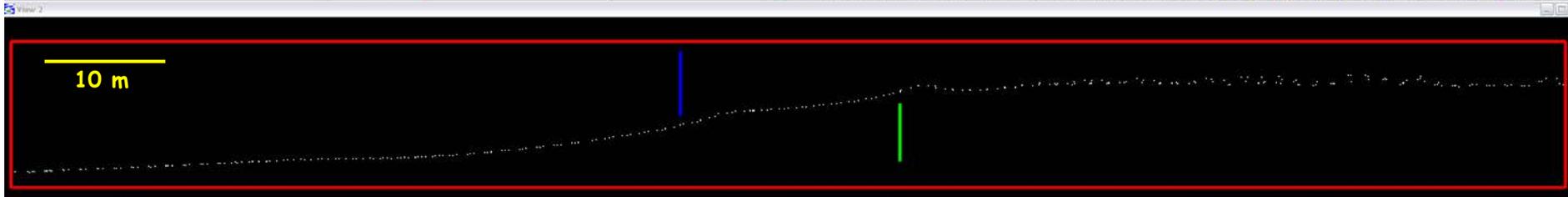
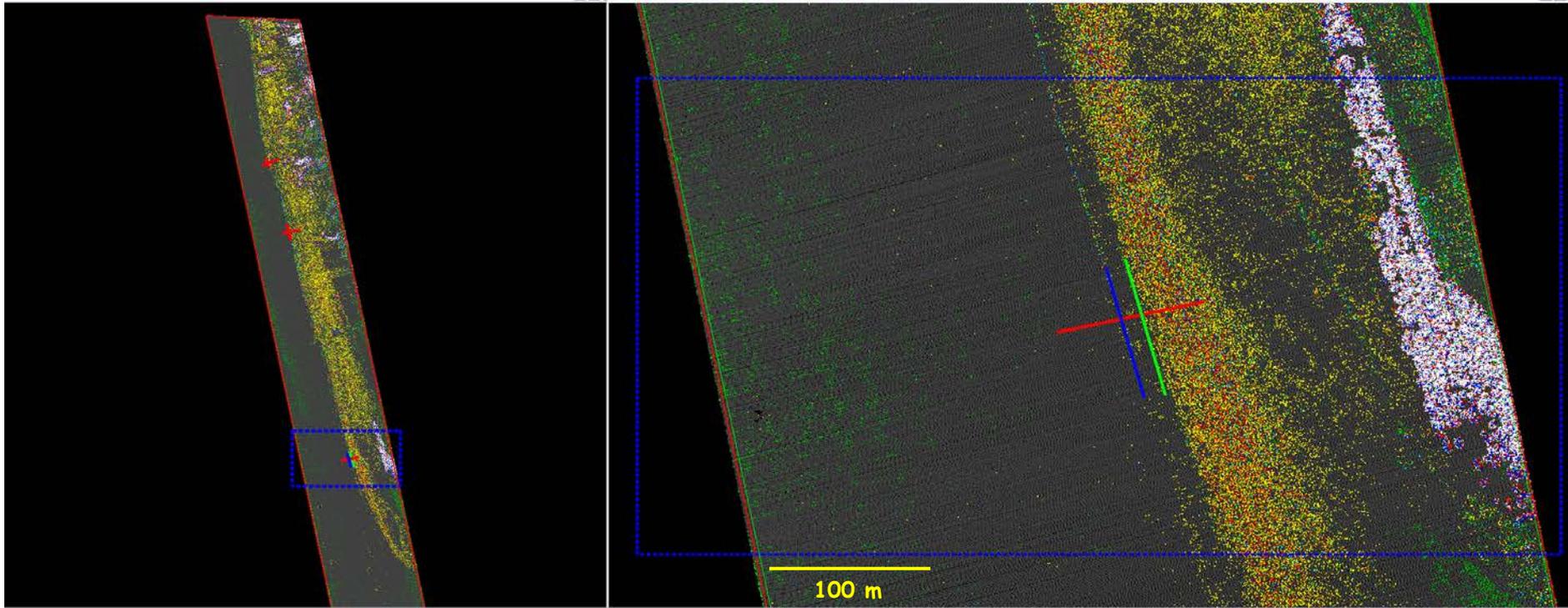
STAGES ESGT (Greusard 2010, Adam 2011)



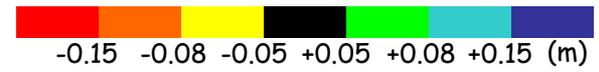
Exemple de comparaisons PPP – PPK(Grafnav)

Approche relative : comparaison de deux lignes de vol

Principe : l'empreinte du laser au sol est fonction de l'altitude vol.
Le signal de retour laser sera influencé par le Z moyen dans l'empreinte et les caractéristiques de réflectivité de la surface

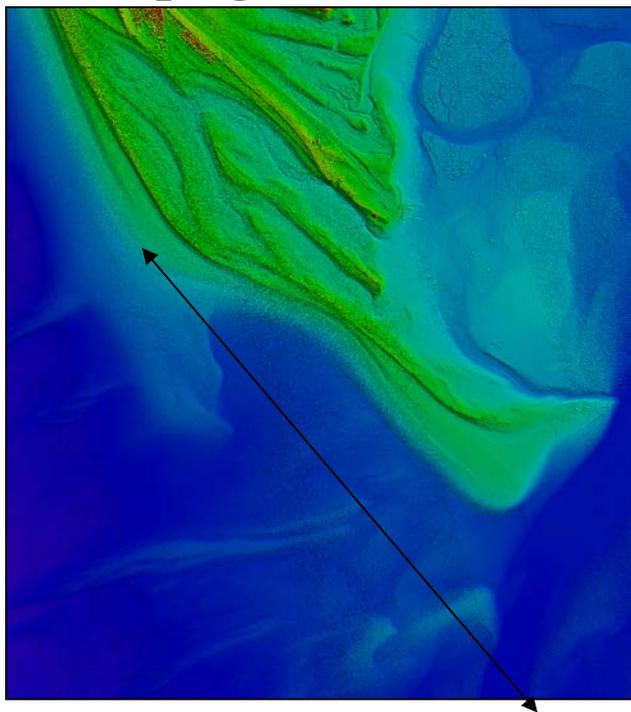


écarts de +/- 0.05 m sur les plages
écarts > +/- 0.05 m sur les dunes
résiduelle -0.06 m (Z800>Z1500)

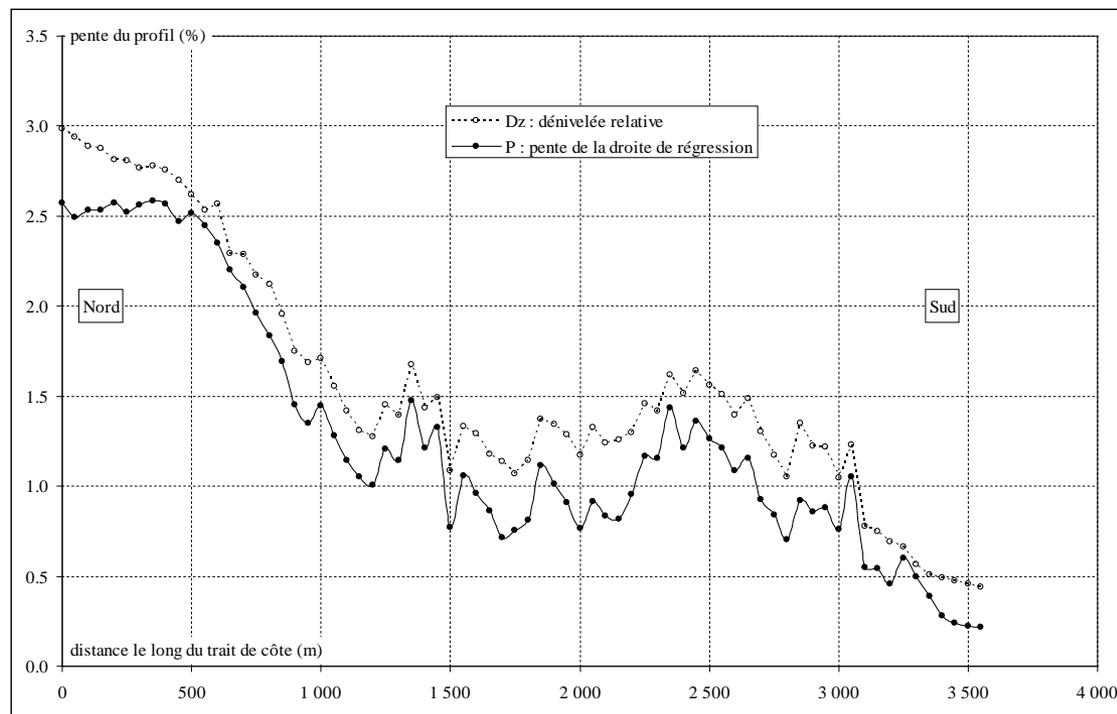


Dans le projet INSU-CNRS « **Relief de la Terre** »
programme PLAMAR (PLAges à MARées)

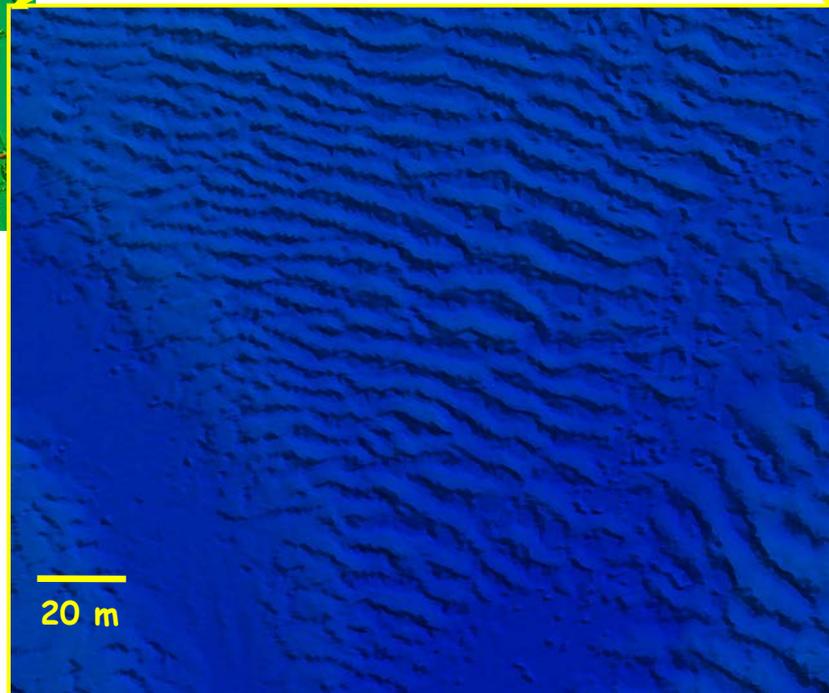
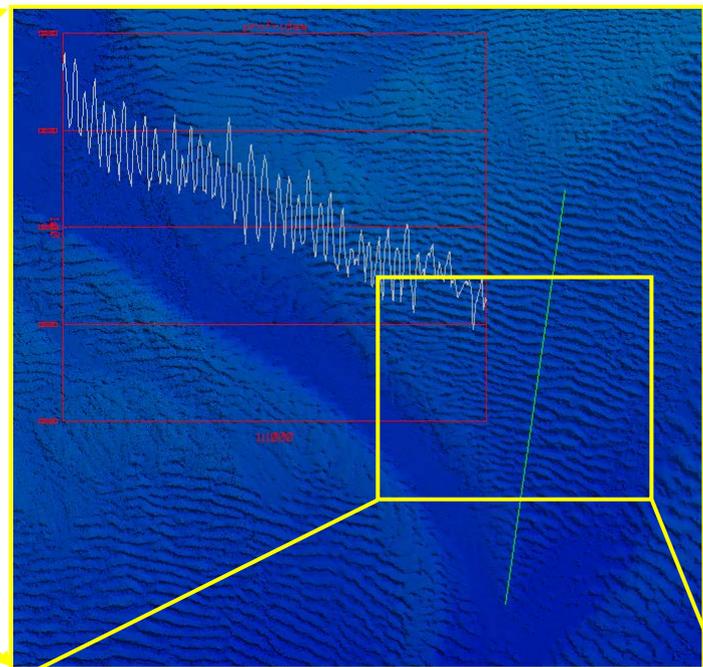
Etude des relations entre **conditions hydrodynamiques**
et **variabilité longshore** des **caractéristiques morphologiques des**
plages



Pointe d'Agon – fév.2009

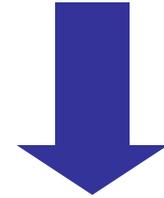
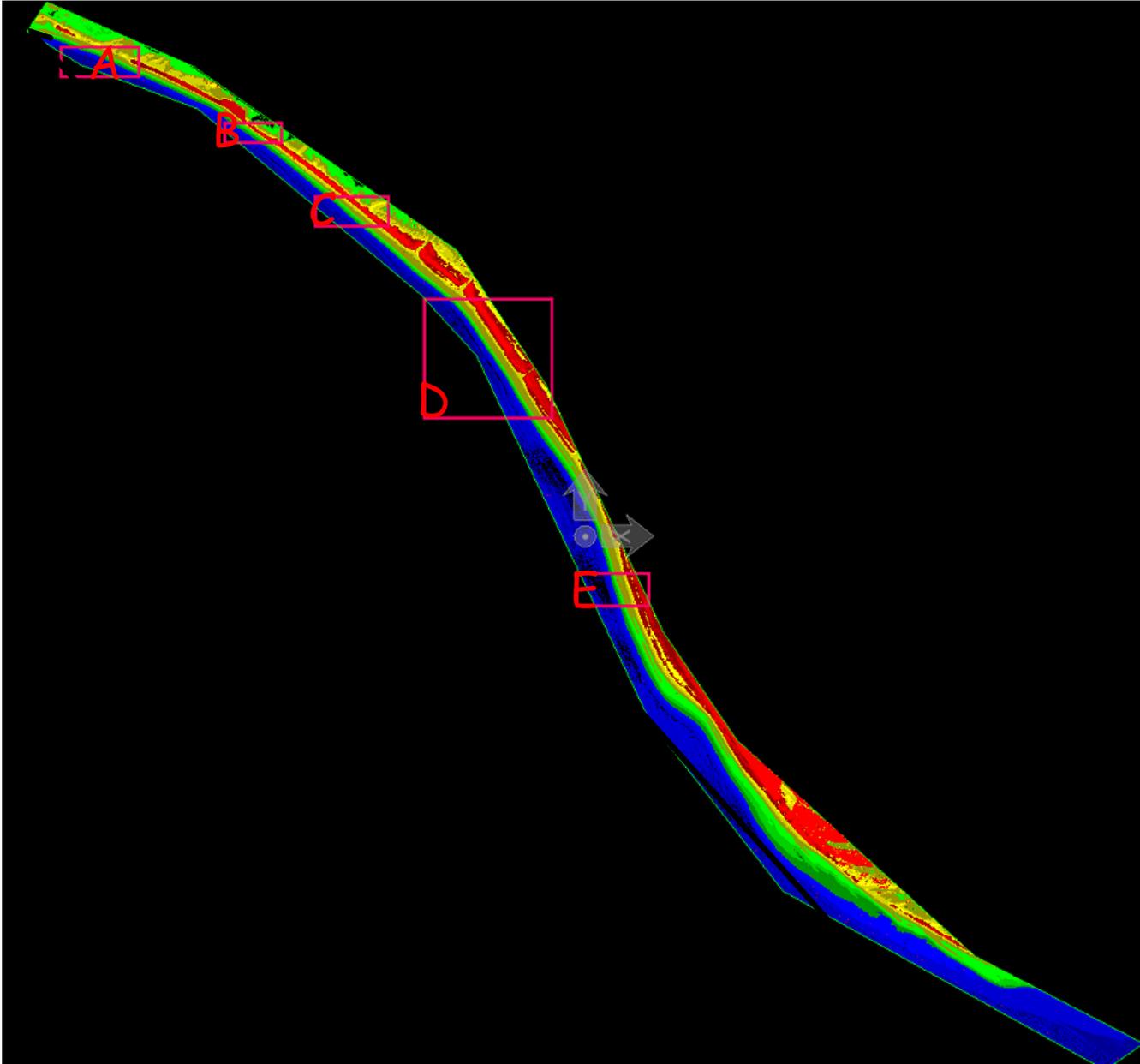


Exemple de variabilité d'un indicateur
morphologique (pente) selon un pas régulier
dans le sens de la dérive littorale



Emboitement des échelles spatiales :
cartographie de la répartition à petite
échelle d'indice de forçage de petite taille

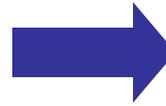
Couplage de réponses morphologiques à des simulations numériques de forçages



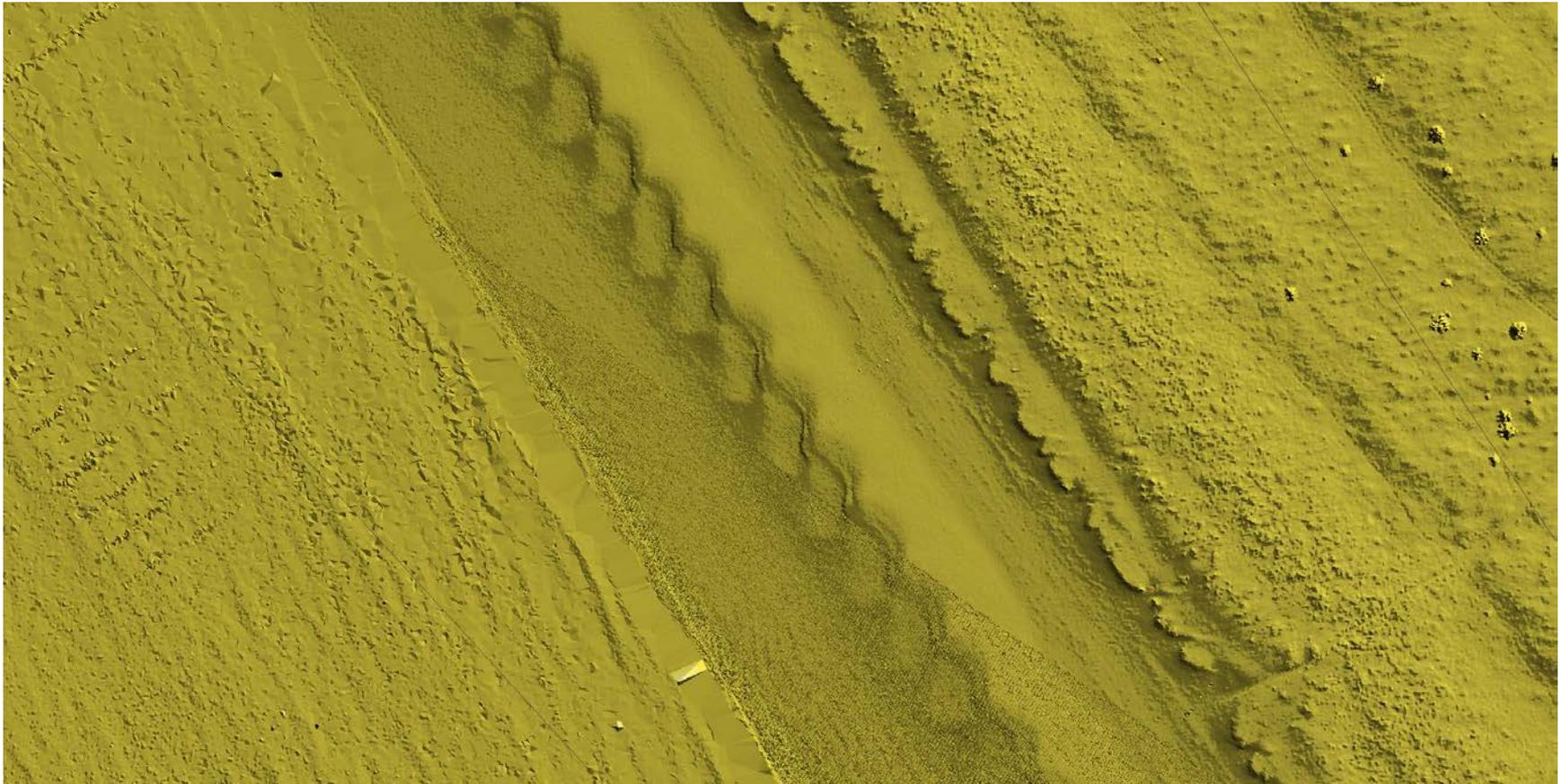
Pointe d'Arçay
21/06/2010

nuage de points
colorés par
altitudes

- A** formes rythmiques L 20 m
- B** zone de transition
- C** formes linéaires
- D** formes rythmiques régulières
- E** formes linéaires



confrontation possible
avec des modèles hydrodynamiques
à différentes échelles
+
redondance temporelle accessible
sur les zones évolutives



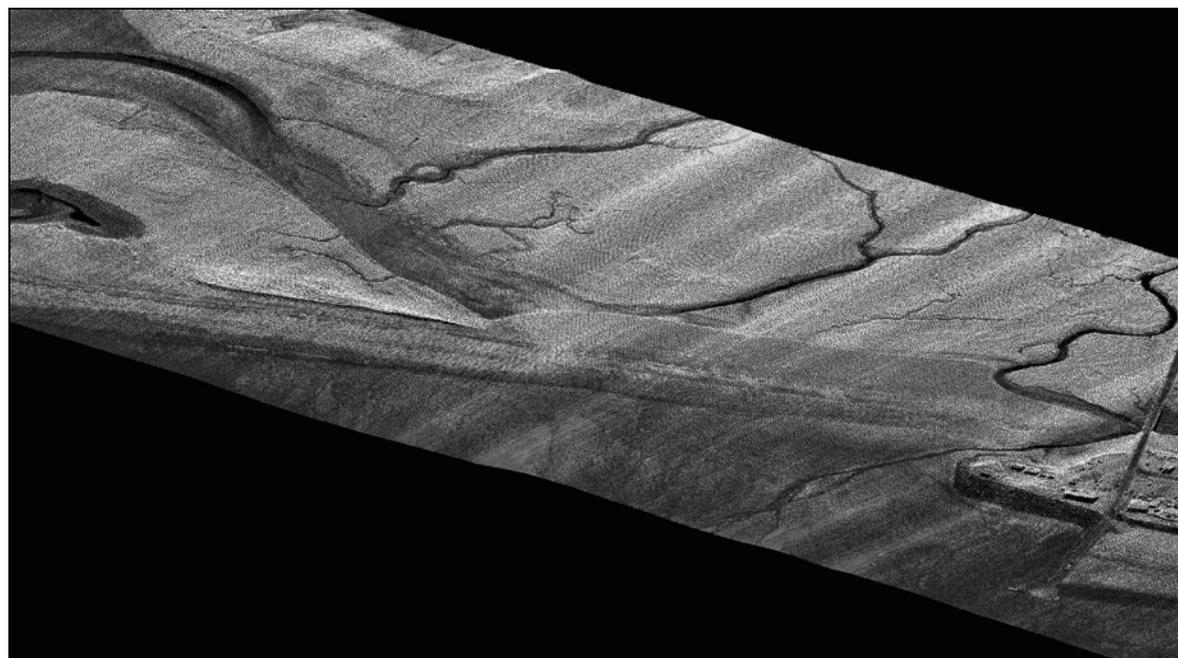
ex. : formes rythmiques régulières L 20 m (TIN ombré > 3 pts/m²)

Dans le programme **LITEAU 4** du **MEEDDM** projet **SURCOTE** :

**Subir, réagir et s'adapter aux changements globaux :
l'exemple de la côte des havres du Cotentin**

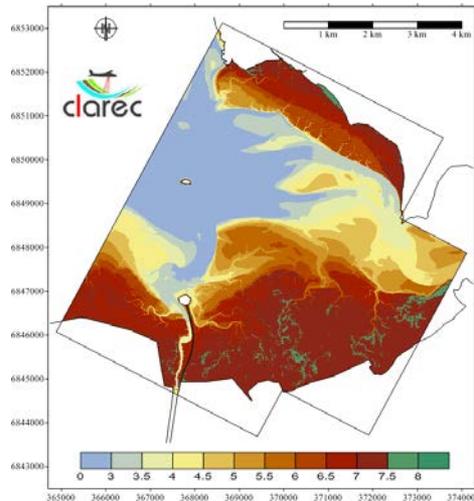


**Programme pluridisciplinaire
(géoscience-biologie-géographie-droit)
sur les conséquences du changement climatique
et modifications anthropiques**

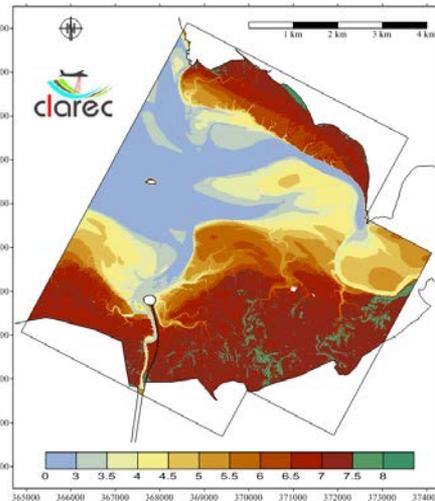


Vue oblique du havre de Blainville (50) – avril 2010

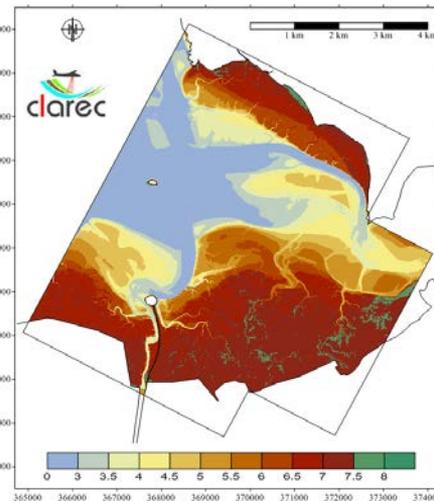
RÉSULTATS : Bilans sédimentaires sur des unités # 52 km²



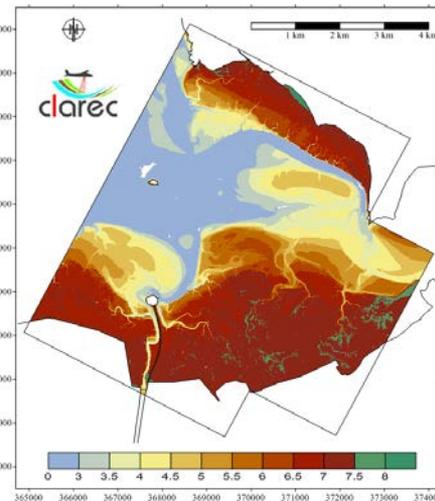
12 février 2009



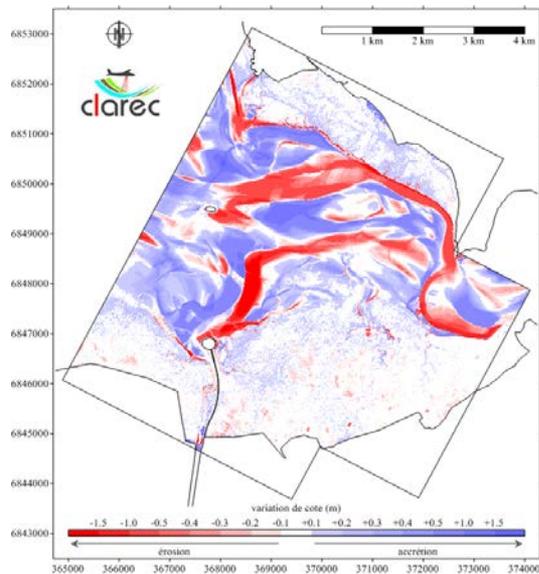
21 septembre 2009



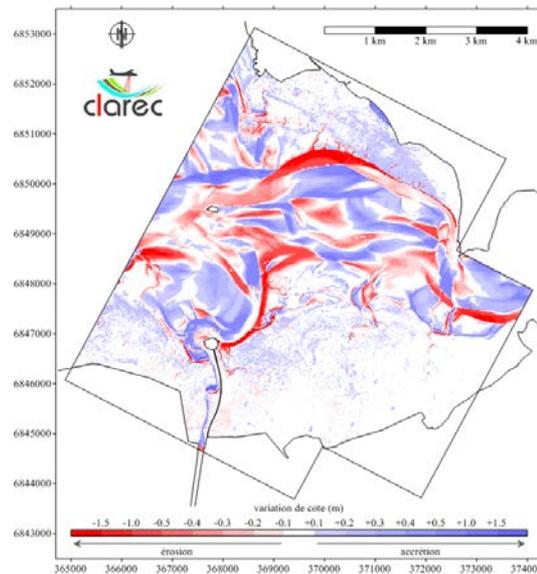
18 avril 2010



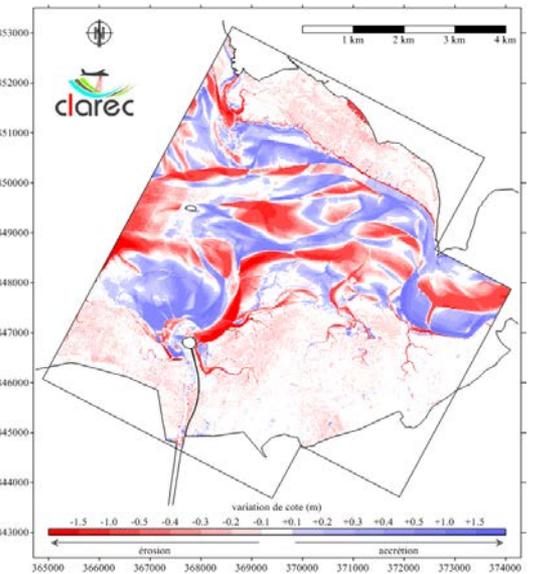
22 septembre 2010



Comparaison altimétrique
février 2009 - septembre 2009

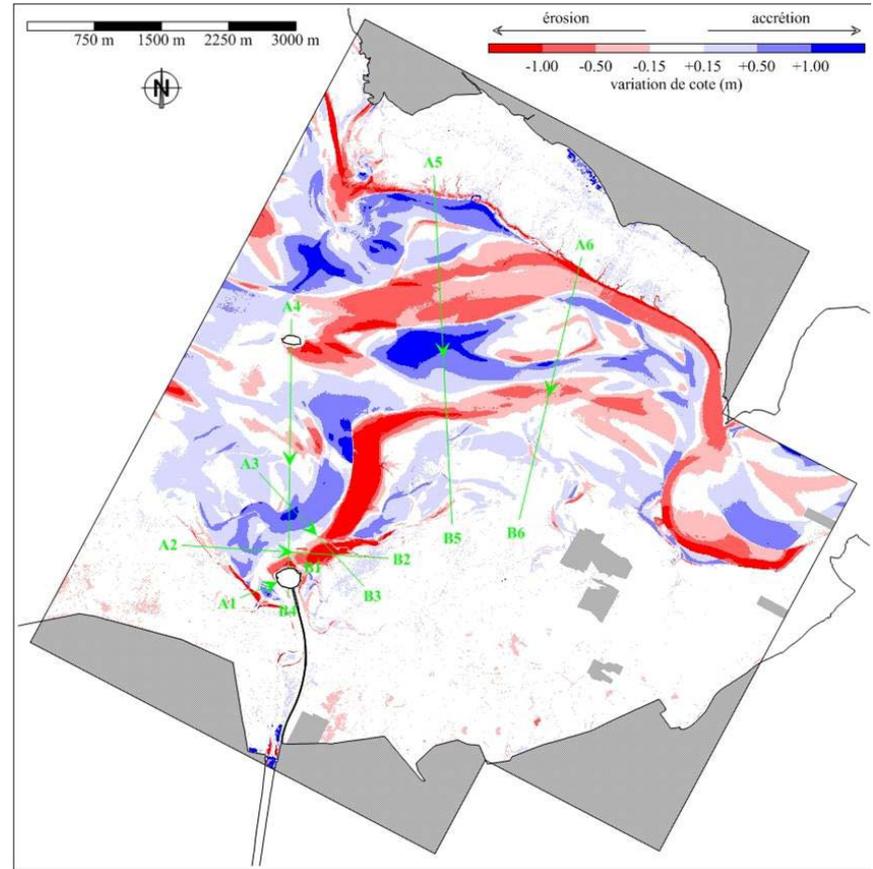


Comparaison altimétrique
avril 2010 - septembre 2010

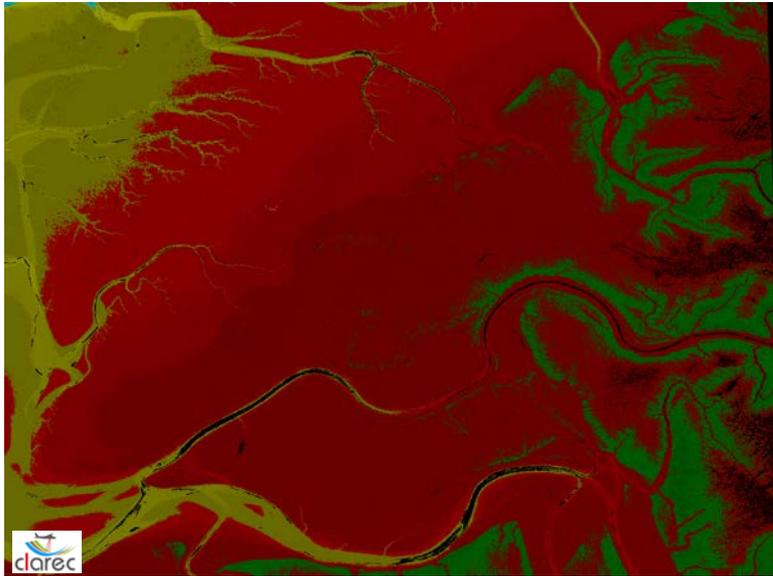


Comparaison altimétrique
septembre 2009 - avril 2010

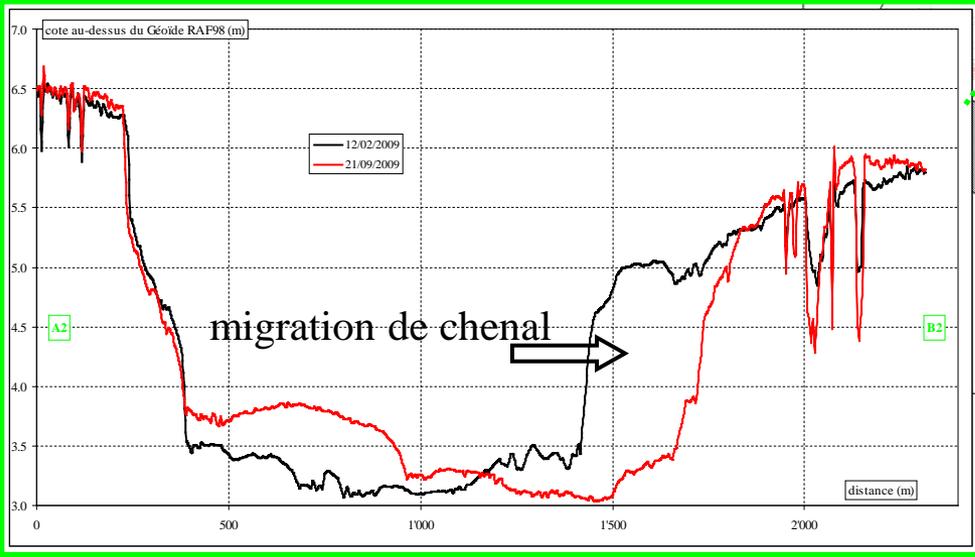
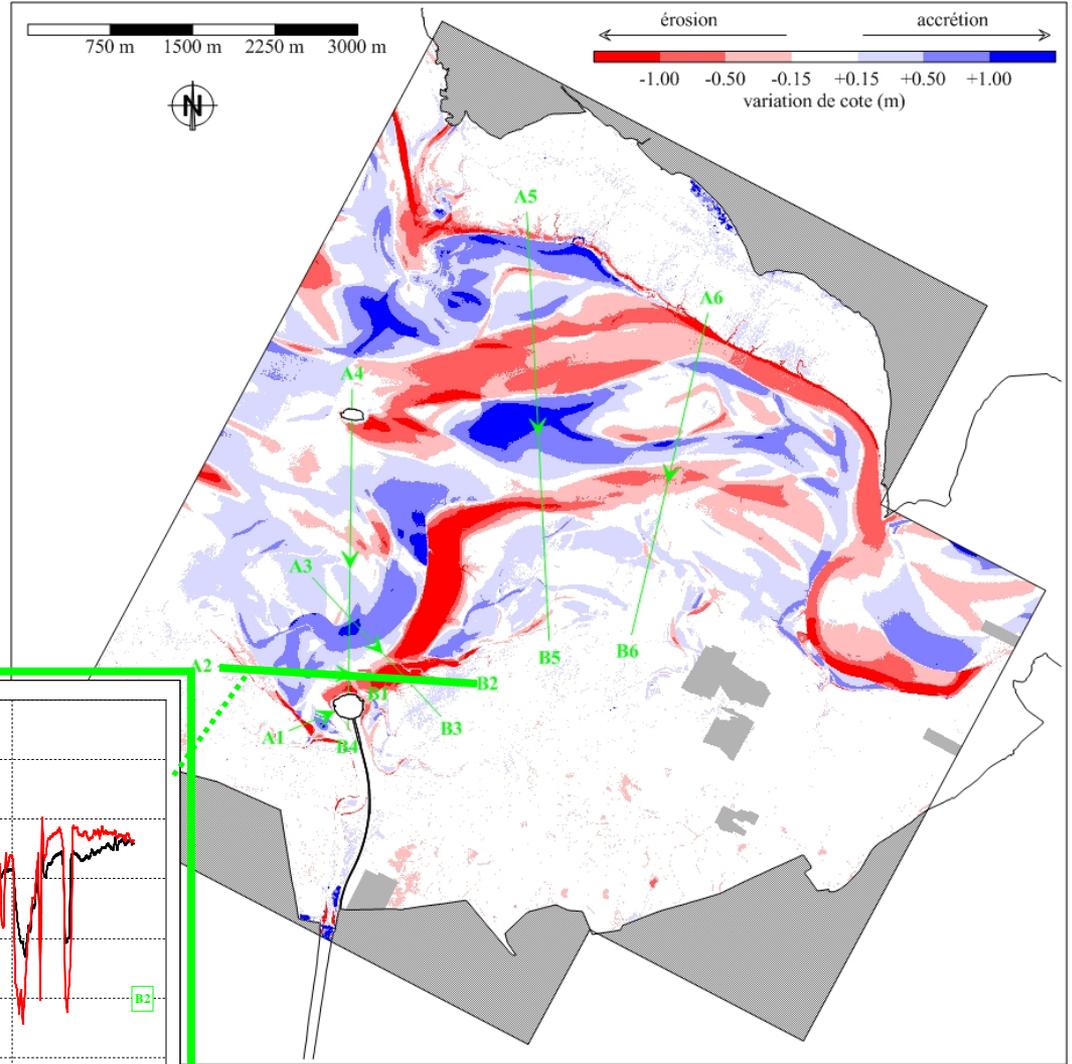
Projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel



Problématique : relation forçages hydrodynamiques et évolutions morphologiques

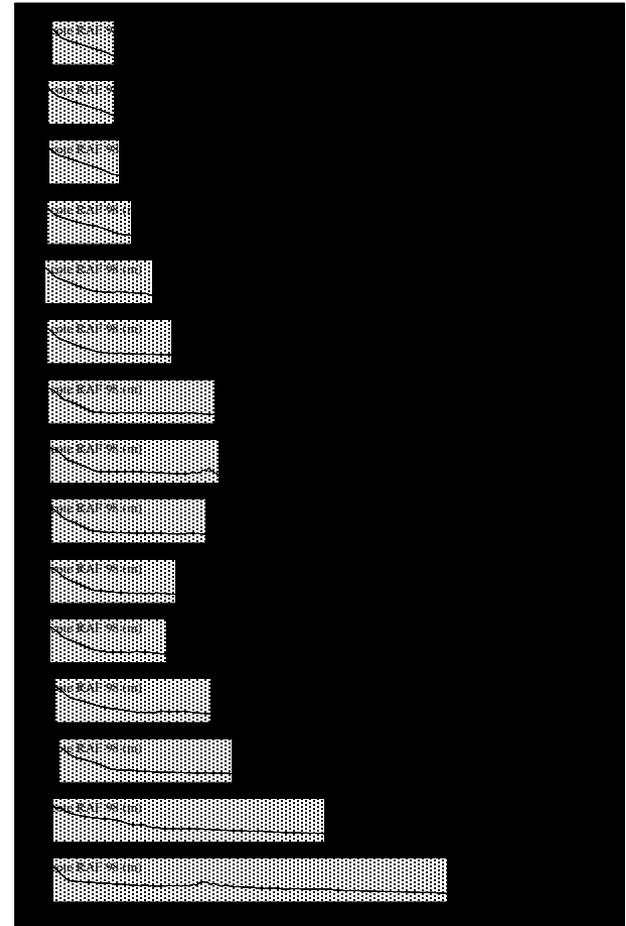
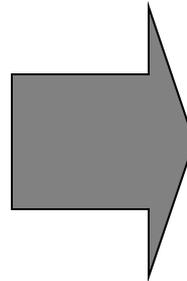


Détails de figures de sédimentation

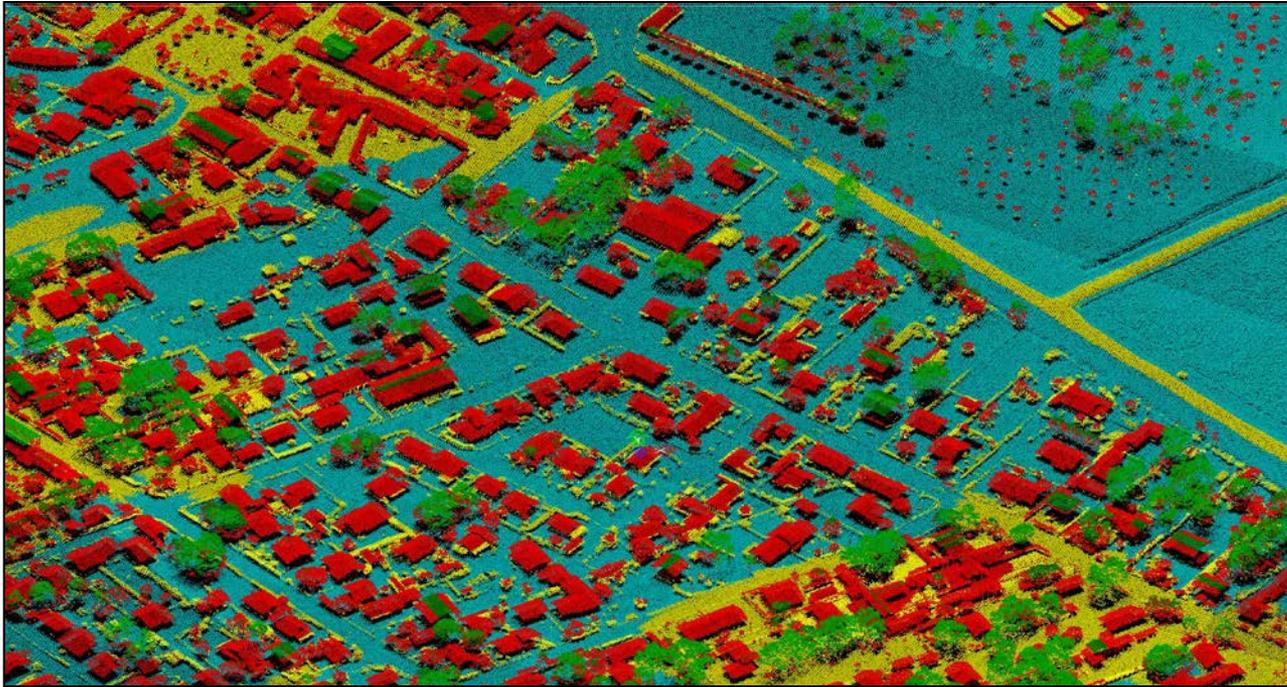


Evolutions morphologiques
12 fév. 2009 - 21 sept. 2009

- Suivi du trait de côte du 2D au 3D : projet OLIBAN (CPER 2007-2013)
Observatoire du Littoral Bas-Normand

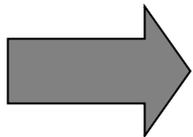


Cartographie des risques de submersion



Vol Clarec
du 21 juin 2010
10 points/m²
Surface survolée :
80 km²

La Faute-sur-Mer (Vendée) : simulation de niveaux d'eau extrêmes



Diffusion des données pour l'élaboration des PPRI

CE SOIR
TD EXEMPLE DE CRÉATION D'UN
PLAN DE VOL

