

GROUPE LASER : MISSIONS et PERFORMANCE

nov./déc. 2002, puis janv./fév. 2003

P. Exertier, J. Nicolas

La STATION LASER ULTRA MOBILE

OCA/CERGA

P. Bonnefond, P. Exertier, O. Laurain, J. Nicolas, F. Pierron, E. Samain
E. Cuot, J.L. Hatat, G. Helmer, J.F. Mangin, J. Paris, M. Pierron, H. Viot

IGN

M. Kasser, M. Laplanche, O. Martin, A. Orsoni

CNES

Y. Ménard, E. Jeansou, G. Yan

SHOM

R. Le Roy

[Introduction](#)

[Participants](#)



[Rappel](#)

[Bilan Ajaccio_2002](#)

[Projet Gavdos](#)

[Références et articles](#)

Avertissements :

- i. Les pages exclusivement en langue anglaise sont annoncées par le drapeau anglais  suivant immédiatement le lien.
- ii. Les liens vers des serveurs américains (notamment la NASA) sont annoncés par l'avertissement *site*  suivant immédiatement le lien. Ces sites sont, pour la plupart, exclusivement en langue anglaise. Attention aux éventuels encombrements à certaines heures.

I - Introduction

La télémétrie laser, en tant que technique optique exacte de poursuite de satellites, occupe une place importante dans les expériences indispensables d'étalonnage de l'instrumentation radar embarquée à bord des satellites océanographiques, et pour la validation de leur orbite ; depuis 1978 avec Seasat, jusqu'à aujourd'hui avec Jason-1 (2001) et ENVISAT (2002).

Cette technique spatiale, qui s'est organisée en réseau international depuis 1998 (International Laser Ranging Service, ILRS), occupe une place prépondérante dans la poursuite des satellites géodésiques, dont Starlette (1975), Stella (1993) et LAGEOS (-1 : 1976, et -2 : 1992).

Ces données cumulées représentent aujourd'hui une base fondamentale, via la détermination d'orbites précises, à l'étude des trois grands thèmes, à caractère géodésique-géodynamique, qu'elle contribue à maintenir et que

sont :

- a. le repère de référence terrestre international (ITRF), et les paramètres de rotation de la Terre (dans le cadre de l'IERS),
- b. le champ de gravité à grandes et moyennes longueur d'onde, y compris ses variations temporelles (dans le cadre, en Europe, des projets GRIM puis Eigen).
- c. l'étalonnage d'instruments radio type radar altimétrique embarqué, et la validation d'orbite (Jason-1, EnviSAT, GPS, GLONASS) de satellites observés par GPS et/ou DORIS.

II - Participants

- [OCA / CERGA](#)
- [IGN / LAREG](#)
- [CNES](#)
 - [Projet Jason-1](#)
 - [MS/MO](#) 
- [GRGS/Toulouse](#)
 - [LEGOS](#)
- [JPL site](#)  (Pasadena) et [CCAR site](#)  (Boulder)
- [SHOM](#)
- [AGRET](#)
 - [Géoscience-Azur](#)

III - Rappel

La Station Laser Ultra Mobile (ou FTLRS pour French Transportable Laser Ranging Station) est la plus petite station de télémétrie laser opérationnelle au monde (300 kg). Elle a été développée très spécifiquement par le CNES, l'IGN et l'OCA-CERGA, afin de réaliser avant tout des expériences d'étalonnage, au cours desquelles un télémètre laser est placé exactement sous la trace d'un satellite altimètre, de même qu'un marégraphe avec son système de rattachement. Cette station mobile est la seule station au monde dont le site d'installation peut être choisi en fonction d'un critère géographique bien précis.

Or, ce choix est très important. Il permet d'éviter toute extrapolation du signal altimétrique ou de l'orbite (ce qui entraîne une perte de précision), en dehors d'une zone très petite où sont comparées toutes les mesures : données spatiales et mesures in situ.

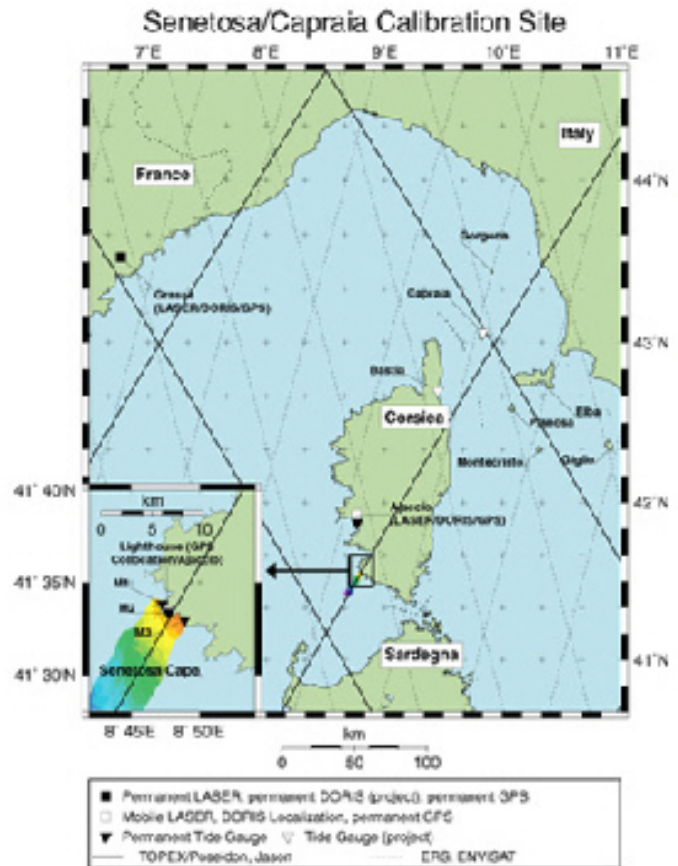
Depuis sa première campagne, en 1996, la station mobile a été impliquée le plus possible dans des projets (internationaux) liés aux missions altimétriques. Ceci, en fonction de son calendrier, qui prévoit des périodes d'évolution technologique comme de maintenance, et du calendrier lié à la disponibilité des personnels (technique et observations).

IV - Bilan 2001/2002 de la campagne en Corse

a) Choix du site d'étalonnage en Corse



FTLRS sur la base navale d'Aspretto, à Ajaccio (2002)



Configuration du site CALVAL en Corse

Le premier site d'étalonnage du CNES, au lancement de T/P en 1992, a été placé sur l'île de Lampedusa entre Tunisie et Sicile. Il a été stationné par une station laser allemande transportable. Compte tenu du coût total élevé du site et de son côté peu rentable, le GRGS-CERGA a proposé d'en développer un autre, en Méditerranée également, mais beaucoup moins coûteux.

Le site d'étalonnage des altimètres TOPEX/Poséidon (T/P-A puis B à partir de 1999), ERS, Jason-1 (J1) et Envisat en Corse (Ajaccio et Cap de Sénétosa) a été choisi, dès 1996, en collaboration avec le CNES, le Science Working Team T/P-Jason-1, le SHOM et l'IGN.

De nombreux contacts avec les universités de Barcelone (océanographie), de Montpellier (géophysique) et de Nice-Sophia-Antipolis (Géosciences-Azur) ont été pris à cette occasion.

b) Dates importantes

- **1996 :**
 - première campagne station laser mobile (financement PNTS) : oct.96-mar.97
 - dépose d'un marégraphe de type capteur de pression Mors-Suber (SHOM) dans la base d'Aspretto pendant 1 an
- **1997 :**
 - oct. : reconnaissance du site du Cap de Sénétosa sous la trace numéro 85 de T/P
- **1998 :** Première campagne de géodésie au Cap de Sénétosa (matériel : Turbo-Rogue du JPL, Sercel du CNES et Astech de l'IGN ; logiciel Geogenius) :
 - dépose de 3 marégraphes (CNES, CERGA)

- nivellements (IGN)
- points GPS à la côte
- première expérience de détermination du géoïde marin par des bouées GPS (CNES, IGN, CERGA, JPL et CCAR-Boulder)
- **1999** : Installation d'instruments à Aspretto :
 - janv. : arrêt du radar altimètre ALT-A de T/P au cycle 235, puis démarrage de ALT-B
 - mars : seconde expérience de géoïde marin avec un « Catamaran GPS » (CNES, IGN, CERGA, JPL) ; matériel/logiciel idem 98
 - sept. :
 - construction d'un pilier GPS et de son raccordement (IGN, CERGA et Géosciences Azur)
 - construction du site d'accueil d'un marégraphe côtier numérique (CERGA, SHOM)
 - oct. : mission du gravimètre FG-5 (1 point réalisé sur base navale, EOST, CERGA)
 - déc. : destruction du site du marégraphe M2 à Sénétosa
- **2000** : suite, Aspretto et Cap de Sénétosa
 - janv. :
 - nivellement du point « gravimètre » (IGN)
 - installation du récepteur GPS permanent (10077M005), voir : http://lareg.ensg.ign.fr/RGP/logsheet/ajac_20020910.log
 - fév. : première expérience de calibration par dépose d'une bouée GPS sous la trace 85
 - mars : installation du marégraphe MCN (SHOM, CERGA)
 - juin :
 - données disponibles du MCN (SHOM)
 - installation des marégraphes M4 et M5 près du site M2 : nivellement et GPS
 - Début de la phase opérationnelle de dépose de la bouée GPS de calibration (tous les 10 jours)
- **2001** :
 - déc. : lancement Jason-1
- **2002** : campagne d'étalonnage T/P - Jason-1 :
 - janv. sept. : déploiement de la FTLRS et poursuite des satellites
 - installation d'une balise DORIS (type 3.0) pour 6 mois (CNES)
 - sept. : nivellement MCN et points géodésiques à Aspretto (IGN)
 - coordonnées FTLRS envoyées à l'Internat. Laser Ranging Serv. (CERGA, IGN)

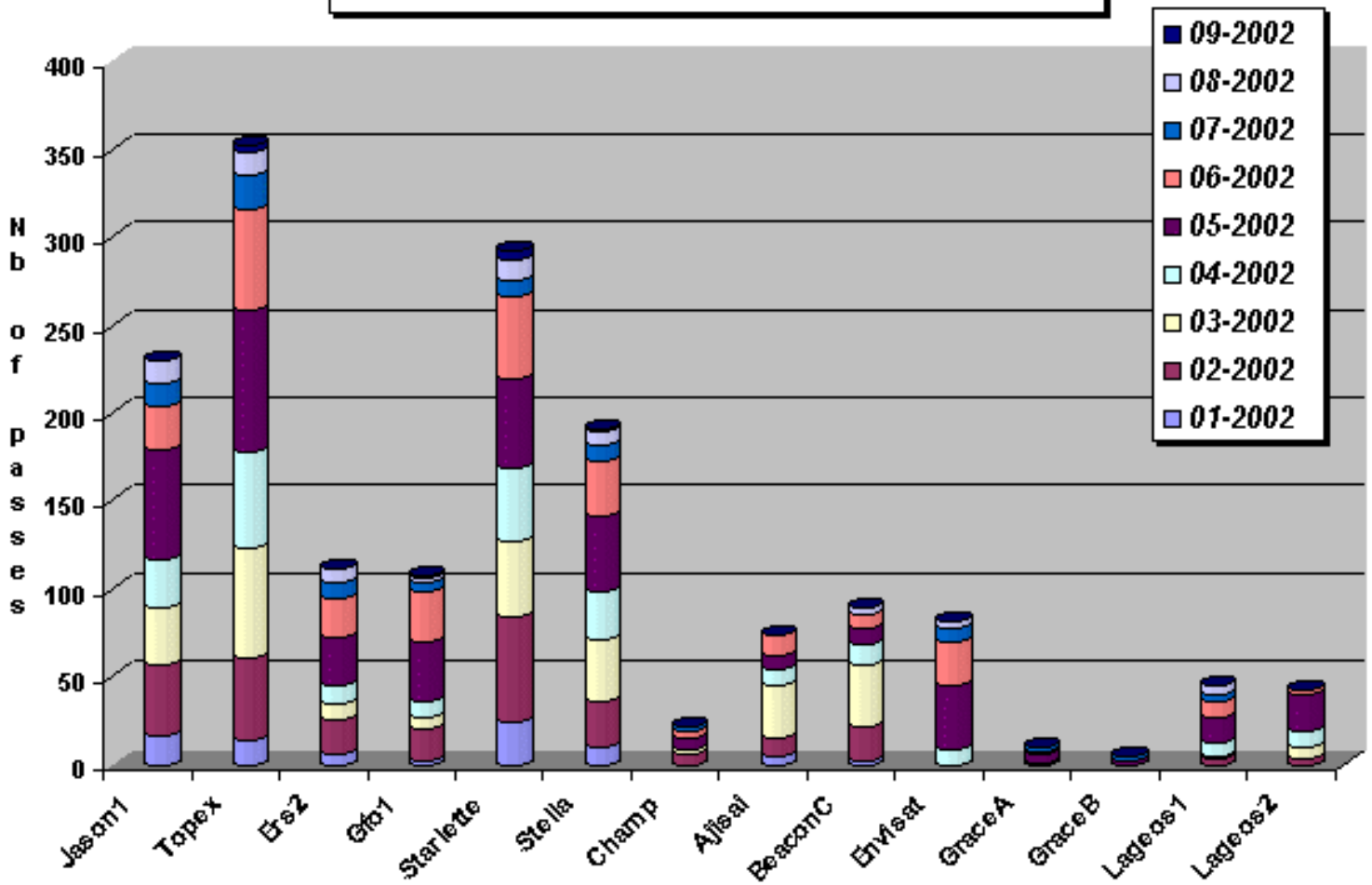
c) Autres sites « à caractère océanographique » en cours de développement

- Ile de Capraia (Italie), avec CNES, Italie, CERGA
- Ile de Gavdos (Crête, Grèce), avec CERGA et groupe « Gavdos »
- Ile d'Ibiza (Espagne), avec CNES, Espagne, CERGA
- Les sites marégraphiques, dont il existe un positionnement (nivellement et point GPS ou DORIS) fiable -> CNES et LEGOS

Ces sites sont et seront aussi importants pour l'océanographie (exploitation des données altimétriques et prolongement vers la côte), que pour l'étude des variations du positionnement terrestre, c'est-à-dire les systèmes de référence. Ce qui prend en compte des expériences avec les techniques spatiales DORIS et GPS.

d) Bilan de la campagne à Ajaccio en Corse en 2002 (stratégie, budget, personnels, nombre de passages, qualité globale des mesures)

FTLRS Ajaccio - 13-01-2002 => 08-09-2002



- Calendrier :

- Janv. à Juin 2002 : occupation permanente du site
- Juillet-Août : occupation 2-3j tous les 10 jours (passages de calibration)
- Septembre : campagne LAGEOS puis arrêt sur problèmes techniques (les codeurs de la tourelle) et financiers mi-septembre

- Bilan qualitatif et quantitatif global de la poursuite de satellites :

- Mise en station : 3 jours
- Qualitatif : très bonne stabilité instrumentale (interne) sur 6 mois : de l'ordre de 3-4 mm
- Quantitatif : 1563 passages de satellites bas, 87 LAGEOS (600 points normaux)
- 5 passages par jour : 65% du temps, et zéro passage/jour seulement 12% du temps (souvent à cause d'une très mauvaise météo)
- Passages de calibration acquis sur Jason-1 et/ou T/P : +60% (ce qui est très important)
- 467 passages en commun avec station fixe de Grasse
- Les passages LAGEOS représentent 45% des spécifications de l'ILRS pour une station fixe sur la même période de temps
- Pas d'arrêt supérieur à 2 jours

	<u>FTLRS</u>	<u>SLR</u>
18/01	J	J + T
28/01	no returns	J
07/02	J	J + T
17/02	J - T	J + T
27/02	J	weather
09/03	weather	J
19/03	weather	J
28/03	J	J
07/04	J	weather
17/04	J - T	J + T
27/04	J - T	J + T
07/05	weather	weather
17/05	J T	J
27/05	weather	weather
06/06	weather	weather
16/06	J - T	J+T
26/06	weather	J+T
06/07	J - T	J+T
16/07	J - T	no returns
25/07	T	J+T
04/08	J - T	J+T
14/08	J T	J+T
24/08	J	J
03/09	T	weather

*Nombres de passages
JASON-1 (J) et
TOPEX/Poséidon (T)
sur la trace
d'étalonnage observés
par la FTLRS à Ajaccio
et par la station laser
fixe de Grasse.*

● Personnels (observateurs et contrôles techniques) :

- 23 personnes ont contribué, dont 3 extérieurs (IGN et CNES), Pierre Granès (OCA-OGT), et les personnels OCA
- 4-5 observateurs sont très autonomes (dits "chevronnés")
- les missions ont été un peu courtes en moyenne ; il faudra donc allonger la durée de chaque mission (par personne) afin de permettre une meilleure appréhension (meilleurs automatismes) de toutes les actions à mener sur place, et ainsi d'améliorer la qualité/quantité des observations

● Budget sur les 6 mois (+ 3 mois en non permanent) :

- missions : environ 30 k€
- voyages : 5 k€
- laser : 5 k€
- équipements : 3 k€
- télécom. : 1 k€
- véhicule : 1 k€

● Parts du budget :

- CNES-GRGS : 35 k€ répartis sur 1999-2000-2001
- IGN-GRGS : personnels et campagnes géodésiques
- OCA/CERGA-GRGS : personnels et 10 k€

e) Objectifs scientifiques et résultats

● Altimétrie satellitaire :

- La station ultra mobile, dans l'expérience d'étalonnage d'altimètre radar embarqué proprement dite

(CAL), a permis, via un calcul d'orbite locale de précision centimétrique (< 1cm) en radial, de réduire sensiblement le bruit d'orbite qui affecte directement la barre d'erreurs sur l'estimation du biais de l'altimètre. En revanche, la valeur du biais est quasiment la même suivant le type d'orbite précise utilisée (CNES, CSR ou JPL ; avec les techniques DORIS et/ou GPS).

- La station mobile a participé à la validation d'orbites (VAL) des satellites altimétriques, comme les autres stations laser du réseau, en particulier en Europe, avec la même qualité que la station laser fixe de Grasse.
- Etalonnage :
 - Sur le long terme, le réseau laser européen continue la poursuite laser des satellites océanographiques, notamment au-dessus des sites en Méditerranée, puisque l'on ne peut laisser la station mobile en permanence sur le site de Corse.
 - En Corse, au Cap de Sénétosa, le CERGA et le CNES sont présents depuis 1998 (1996 sur la base d'Aspretto, Ajaccio), avec des expériences de bouées tous les 10 jours depuis 2000.
- Positionnement :
 - LAGEOS : le calcul du positionnement avec ces cibles (L1 et L2), relativement lointaines, eu égard aux possibilités de la station mobile, est réalisé dans des conditions plus difficiles (moins de données) qu'avec une station fixe (dont l'ILRS fixe la limite d'acquisition à environ 400 passages par an). Le positionnement, en combinant L1 et L2 (680 points normaux, sur 7,5 mois), est effectué à ± 1 cm.
 - La station mobile a participé à la validation d'orbites (VAL) des satellites altimétriques, comme les autres stations laser du réseau, en particulier en Europe, avec la même qualité que la station laser fixe de Grasse.
 - Autres cibles (Starlette, Stella, Topex/P, Jason-1) : le positionnement avec Jason (3268 points normaux) est effectué à ± 3 mm, à partir des orbites précises du CNES (laser+Doris).
 - Ajustement du biais station : 8 mm avec L1 et L2, et 2 mm avec Jason-1, les résultats sont en accord avec le positionnement IGN de sept. 2002.
- Poursuite de satellites :
 - Le rôle de la station mobile se révèle être particulièrement intéressant dans ce domaine, en particulier lorsque le site géographique choisi implique une participation peu redondante par rapport au réseau fixe existant ; d'où l'intérêt de sa mobilité.
 - Expériences d'étalonnage : afin qu'un site d'étalonnage devienne suffisamment performant pour suivre une évolution temporelle des paramètres de l'instrumentation radar avec une sensibilité de 1mm/an, il faut maintenir l'activité sur une grande période de temps, du type plusieurs années afin de suivre les missions spatiales qui se succèdent.

f) Impact ILRS (Réseau International) et publications

Il est très bon, les résultats ayant été présentés à Washington (octobre 2002).

Notre site web CAL/VAL : <http://grasse.obs-azur.fr/cerga/gmc/calval/pod/index.htm> .


Références :


- Bonnefond P., P. Exertier, P. Schaeffer, S. Bruinsma, and F. Barlier, "*Satellite Altimetry from a Short-Arc Technique : Application to the Mediterranean*", J. Geophys. Res., 104 (C7), pp. 25365-25382, **1999**
- Exertier P., J. Nicolas, and P. Bonnefond, "*Géodésie spatiale : avancées récentes*", INCT, Bulletin des Sciences Géographiques, N° 6, pp. 3-15, septembre **2000**
- Exertier P., P. Bonnefond, J. Nicolas, and F. Barlier, "*Contributions of Satellite Laser Ranging to past and future radar altimetry missions*", Surveys in Geophysics, Special Issue on Evolving Geodesy, Vol. 22, Nos. 5-6, pp. 491-507, **2001**
- Ménard Y., Bruce Haines, and with contributions from the Jason-1 Calval team, "*Jason-1 CALVAL*






Plan", CNES, NASA, and JPL, April 2, **2001**

- Mertikas S., E. Pavlis, Tziavos, Drakopoulos, Pesec, Forsberg, Kahle, and P. Exertier, "*Establishment of a European radar altimeter calibration and sea-level monitoring site for Jason-1, Envisat and EURO-GLOSS*", projet Union Européenne **2002**
- Nicolas J., P. Exertier, P. Bonnefond, F. Pierron, and J. Haase, "*First results with the French Transportable Laser Ranging Station*", Proceedings of the 11th International Workshop on Laser Ranging, Deggendorf - Germany, published by the Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main 1, Ed. Schlüter W., Schreiber U. and Dassing R., pp. 113-120, **1998**
- Nicolas J., F. Pierron, M. Kasser, P. Exertier, P. Bonnefond, F. Barlier, and J. Haase, "*French transportable Laser Ranging Station : scientific objectives, technical features, and performance*", Applied Optics, **Vol. 39, No. 3**, pp. 402-410, **2000**
- Nicolas J., F. Pierron, E. Samain, and F. Barlier, "*Centimetre accuracy for the French Transportable Laser Ranging Station (FTLRS) through sub-system controls*", Surveys in Geophysics, Special Issue on Evolving Geodesy, **Vol. 22, Nos. 5-6**, pp. 449-464, **2000**
- Nicolas J., P. Bonnefond, O. Laurain, P. Bériot, P. Exertier, and F. Barlier, "*Triple laser ranging collocation experiment at the Grasse observatory, France*", Phys. and Chem. of the Earth, in press, **2002**
- Nicolas J., P. Exertier, P. Bonnefond, P. Willis, J.-P. Berthias, O. Laurain, and F. Barlier, "*Vers une orbitographie centimétrique des satellites océanographiques*", quadriennal CNFGG, in press, **2003**

Comptes rendus de colloques :

- Nicolas J., P. Bonnefond, P. Exertier, O. Laurain, and P. Berio, "*First results of the French Transportable Laser Ranging Station during the 2002 Corsica campaign for the JASON-1 calibration and validation experiment*", Proceedings of the 13th International Laser Ranging Workshop, Washington USA, October 7-11, **2002**, http://cddisa.gsfc.nasa.gov/lw13/docs/papers/sci_nicolas_1m.pdf  (1377 ko)
- Nicolas J., P. Bonnefond, O. Laurain, P. Exertier, and F. Barlier, "*Results of the triple laser ranging collocation experiment at the Grasse observatory, France (September - November 2001)*", Proceedings of the 13th International Laser Ranging Workshop, Washington USA, October 7-11, **2002**, http://cddisa.gsfc.nasa.gov/lw13/docs/papers/perf_nicolas_1m.pdf  (222 ko)
- Nicolas J., J.-F. Mangin, G. Metris, and F. Barlier, "*Difference of LAGEOS satellite response from raw data analysis of the collocation experiment between the Grasse Satellite and Lunar Laser Ranging stations*", Proceedings of the 13th International Laser Ranging Workshop, Washington USA, October 7-11, **2002**, http://cddisa.gsfc.nasa.gov/lw13/docs/papers/target_nicolas_1m.pdf  (326 ko)
- Pierron F., E. Samain, J. Nicolas, J.-L. Hatat, M. Pierron, J.-F. Mangin, H. Viot, M. Laplanche, J. Paris, and E. Cuot, "*Improvements of the French Transportable Laser Ranging Station to high accuracy level*", Proceedings of the 13th International Laser Ranging Workshop, Washington USA, October 7-11, **2002**, http://cddisa.gsfc.nasa.gov/lw13/docs/papers/upg_pierronf_1m.pdf  (116 ko)
- Nicolas J., F. Pierron, E. Samain, P. Exertier, and F. Barlier, "*New performances of the French Transportable Laser Ranging Station (FTLRS)*", Proceedings of SPIE, Laser radar : Ranging and Atmospheric Lidar Techniques III, ed. U. Schreiber, C. Werner, G. Kamerman, and U. Singh, Toulouse - France, 17-18 Sept. 2001, Vol. 4546, pp. 39-43, **2001**
- Exertier P., J. Nicolas, and F. Barlier, "*SLR : A point of view on scientific achievements and future requirements*", Proceedings of the 12th International Workshop on Laser Ranging, Matera Italy, Ed. G. Bianco and V. Luceri, 13-17 Nov. 2000, CD-ROM ILRS, **2002**, http://geodaf.mt.asi.it/GDHTL/news/iwlr/Exertier_et_al.pdf  (148 ko)
- Nicolas J., P. Exertier, F. Pierron, F. Barlier and J.F. Mangin, "*Collocation experiments at CERGA Grasse*", Proceedings of the 12th International Workshop on Laser Ranging, Matera Italy, 13-17 Nov. 2000, CD-ROM, **2002**, http://geodaf.mt.asi.it/GDHTL/news/iwlr/Nicolas_et_al_Collocation_Grasse.pdf

 (464 ko)

- Pierron F., J. Nicolas, E. Samain and F. Barlier, "*Centimeter accuracy for the French Transportable Laser Ranging Station through sub-system controls*", Proceedings of the 12th International Workshop on Laser Ranging, Matera Italy, 13-17 Nov. 2000, CD-ROM, **2002**,
http://geodaf.mt.asi.it/GDHTL/news/iwlr/Pierron_et_al_FTLRS.pdf  (644 ko)
- Nicolas J., "*Séries temporelles laser et mouvements verticaux*", proceeding du colloque AGRET, Grasse, 8-10 novembre 2000, AGRET 1999-2001, Ed. P. Sillard, pp.73-83, **2002**
- Nicolas J., "*Les mesures de télémétrie laser et le contrôle de leur qualité*", compte rendu du colloque fondateur AGRET, Paris, 16-17 novembre **1999**,
http://lareg.ensg.ign.fr/AGRET/resume_JNicolas_1999.pdf   (123 ko)
- Nicolas J., P. Exertier, P. Bonnefond, F. Pierron, Y. Boudon, J.-F. Mangin, F. Barlier, M. Kasser, and J. Haase, "*Stability control of range biases on the French laser ranging stations*", Proceedings of the EOS/SPIE Symposium on Remote Sensing, Europto Series Vol. 3865, pp. 27-32, Florence Italy, 20-24 Sept. **1999**
- Pierron F., J. Nicolas, M. Kasser, and J. Haase, "*Status and new capabilities of the French Transportable Laser Ranging Station*", Proceedings of the 11th International Workshop on Laser Ranging Instrumentation, compiled by W. Schlüter, U. Schreiber and R. Dassing, edited by the Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Volume 1, pp. 104-112, Deggendorf Germany, 20-26 Sept. **1998**, voir le site du 11ème workshop : <http://www.wetzell.ifag.de/veranstaltungen/slr/11thlaserworkshop/> 
- Nicolas J., P. Exertier, P. Bonnefond, F. Pierron, and J. Haase, "*First results with the French Transportable Laser Ranging Station*", Proceedings of the 11th International Workshop on Laser Ranging Instrumentation, compiled by W. Schlüter, U. Schreiber and R. Dassing, edited by the Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Volume 1, pp. 113-120, Deggendorf - Germany, 20-26 Sept. **1998**, http://www.wetzell.ifag.de/veranstaltungen/slr/11thlaserworkshop/postscript/cerga_slr1.ps.gz 
(489 ko)

g) Rappel des principales modifications techniques menées sur la station entre 1997 et 2001

Une action de grande envergure a été entreprise sur la station mobile, essentiellement en 2000-2001, impliquant pratiquement toutes les forces techniques disponibles autour de la télémétrie laser en France. Les améliorations, résumées ci-après, touchent de nombreux éléments de la station (mécanique, optique, électronique). Techniquement le résultat est remarquable :

- laser (30 ps, 532 nm) :
 - changement de la longueur d'onde d'émission du laser en passant de l'infrarouge (mode fondamental d'un laser Nd:YAG à 1064 nm) au vert (532 nm) par insertion sur le banc laser d'un cristal anisotrope doubleur de fréquence (KDP),
 - diminution de la largeur des impulsions (de 80 à 35 ps) par changement du Fabry-Pérot,
 - remplacement du système de régulation thermique,
 - augmentation de la stabilité du banc laser par remplacement de la majorité des supports des éléments optiques et en ajoutant des possibilités de réglage,
 - création d'un banc de réglage
- détection par photo-diode compensée, et tourelle :
 - installation d'une C-SPAD (Compensated Single Photon Avalanche Diode) comme détecteur de retour (photodiode à avalanche sensible au simple photo-électron et dont les variations du temps de réaction en fonction du nombre de photons sont compensées électroniquement),
 - mise en place d'un obturateur électro-optique à cristaux liquides dans la tourelle devant la C-SPAD afin d'éviter son éblouissement par l'impulsion laser de départ (unicité des voies d'émission et de réception),

- amélioration du système de détection de départ des impulsions laser (détection du barycentre des impulsions, augmentation du rapport signal/bruit, échantillonnage numérique du niveau du signal),
- suppression de la transmission du signal de retour par les contacts tournants de la tourelle en raison de variations importantes (~30 ps soit 5 mm sur la distance aller-retour) et aléatoires du délai de transmission du signal de télémétrie en fonction de l'azimut,
- installation d'une perche pour le passage du câble de transmission des signaux de retour,
- préparation de l'expérience de Transfert de Temps par Lien Laser (T2L2) par élaboration d'un second instrument focal équipé d'une fibre optique à la place de la C-SPAD reliant le foyer du télescope à un dateur optique,
- création d'un foyer secondaire dans le télescope pour réaliser un filtrage spatial et éviter les fausses datations liées à la détection de photons arrivant à côté du photo-détecteur ou diffusés dans le boîtier de celui-ci,
- création d'un banc de réglage et d'un dispositif de coins de cubes à placer devant le télescope pour faciliter les réglages d'alignements optiques.
- chaîne de chronométrie (Rubidium asservi par GPS) : remplacement de l'oscillateur rubidium asservi sur GPS par un nouveau type d'une très grande qualité, tant pour les fréquences de référence que pour la datation.
- système d'étalonnage : mise en place d'un nouveau système d'étalonnage motorisé avec un petit rétro-rélecteur de 15 mm de diamètre situé à la sortie du télescope. Ce dernier système n'est actuellement pas opérationnel pour l'étalonnage en raison de parasites (bruits électroniques) au moment du passage de l'impulsion laser de départ qui perturbe la photodiode sur la durée du trajet aller-retour des impulsions dans le cas de cette cible (distance très courte). Par contre ce système est tout à fait opérationnel et indispensable pour effectuer l'alignement optique du laser dans les miroirs du coudé de la tourelle.
- électronique / informatique :
 - résolution des problèmes d'alimentation du laser,
 - cartes électroniques du nouveau système de détection de départ plus précis et permettant de mesurer et d'enregistrer à chaque tir le niveau de l'oscillateur laser,
 - gestion informatique du câble de la tourelle afin de gérer les rotations de la tourelle en azimut à plus ou moins un tour en fonction des configurations de passage de satellites,
 - passage rapide d'un satellite à un autre pour les missions tandem (T/P Jason-1, GRACE-A et B) pour des observations quasi simultanées,
 - installation d'une caméra CCD miniature sur le télescope pour permettre aux observateurs de visualiser les nuages et d'éventuels obstacles depuis leur poste.

h) Validation des nouvelles performances (2001)

A la suite de ces travaux d'amélioration, des tests ont été réalisés fin 2001 au plateau de Calern (OCA) afin de valider les nouvelles performances d'observation de l'instrument. Ces tests se sont déroulés en 3 phases :

1. **mesures en laboratoire** sur les éléments les plus critiques de la qualité d'une station laser (détection, chronométrie). Les principaux résultats des mesures d'exactitude réalisées sur le chronomètre et la C-SPAD peuvent être résumés comme suit :
 - la sensibilité du temps de transit de la C-SPAD en fonction du nombre de photons incidents est de l'ordre de 20 ps par décade,
 - l'effet centre-bord du détecteur de retour est inférieur à 7 ps,
 - la précision de la C-SPAD est de l'ordre de 25 ps,
 - une erreur de linéarité des mesures du chronomètre s'élevant à environ 70 ps d'amplitude a été mesurée pour des intervalles de temps compris entre 200 ns et 10 μ s.
2. **mesures sur des cibles fixes** au sol (plateau de Calern) ; nous disposons de trois cibles fixes situées

respectivement à des distances de 300 m, 1600 m et 2500 m de la station laser mobile, distances mesurées par l'IGN avec une exactitude de 1 cm. Les mesures réalisées sur ces cibles avec la station mobile indiquent une cohérence meilleure que 10 mm pour la valeur de l'étalonnage sur les trois cibles externes. La précision des mesures est meilleure que 4 mm, et la stabilité (après une demi-heure de chauffe de la station) se situe au niveau de quelques millimètres sur plusieurs jours sur la cible située à 300 m.

3. **expérience de co-localisation** entre les trois stations laser au plateau de Calern. Elle a été réalisée de septembre à novembre 2001 ; les trois stations laser observèrent simultanément les satellites LAGEOS-1 et -2.

Ce type d'expérience est essentiel pour l'évaluation des nouvelles performances de la station mobile mais est également très enrichissant au niveau de la qualification des stations laser de Grasse/Calern. Cette expérience a ainsi permis de vérifier la stabilité des observations de la station mobile et d'estimer les biais entre les différentes stations. L'analyse des observations communes aux trois stations laser (solution combinée LAGEOS-1 et -2 pondérée par le nombre de points normaux) fournit les différences de biais instrumentaux (erreurs systématiques sur la mesure des distances) suivantes :

- (5 ± 1) mm entre la station mobile et la station laser satellites fixe,
- (18 ± 1) mm entre la station laser lune et la station mobile,
- (13 ± 1) mm entre la station laser lune et la station laser satellites fixe.

La différence de biais de 10 mm entre la station laser satellites fixe et la station laser lune peut s'expliquer par la somme des effets suivants :

- 3 mm de différence de signature de satellite (essentiellement de correction de centre de masse) liée à un niveau de laser qui est différent entre les deux stations,
- 4 mm de différence d'effet centre-bord sur la photodiode de retour (9 mm pour le laser lune et 5 mm pour le laser satellites),
- 2-3 mm pour la mesure de la distance de la cible d'étalonnage,
- 2-3 mm pour la détermination des coordonnées des stations.

A titre indicatif, l'analyse de l'ensemble des passages LAGEOS sur la totalité de la période de co-localisation par comparaison entre la station mobile et deux très bonnes stations laser européennes fournit les différences de biais instrumental suivantes :

- une différence de (0 ± 1) mm entre la station mobile et la station de Graz (Autriche),
- une différence de (3 ± 1) mm entre la station mobile et la station de Herstmonceux (GB).

Ces résultats de l'analyse des mesures réalisées lors de la campagne de validation à Calern sont donc très encourageants et indiquent le succès des modifications apportées à la station mobile.

i) "Feed-Back", problèmes à résoudre au retour, avant prochaine campagne



- Mécanique :
 - Fixation de la tente autour de la station en cas de pluie
 - Protection solaire du trépied, du banc laser
 - Problème du vent sur la tourelle
 - Suivi du cable (perche) pas très satisfaisant : modification de la perche du câble de la tourelle (plus de sécurités et de « convivialité »)
 - Réparation en interne de l'horloge rubidium asservie par GPS,
 - Insertion de filtres réjecteurs (accordés à 532 nm) dans la tourelle devant la diode de lecture des codeurs pour éviter l'éblouissement au passage du faisceau laser,

- Mise en place d'un contrôle de la température du filtre interférentiel dans la tourelle pour la détection de retour et réglage de l'orientation de ce filtre,
- Changement des miroirs du coudé de la tourelle,
- Informatique :
 - Contrôle temps-réel et à distance par le réseau (logiciel de tests, connexion d'une "remote track ball", numérisation et affichage X de la caméra de contrôle : développement d'une procédure pour contrôle et diagnostic à distance, pilotage à distance de la station et ajout de fonctionnalités permettant de tester et de contrôler la station à travers le réseau (connexion d'une « Track_ball », acquisition de l'image vidéo, transmission par Internet dans une fenêtre « X window »),
 - Modifications des logiciels de lecture de la bulle de la tourelle et mise en place d'une procédure d'étalonnage de ce dispositif utilisable en cas de fortes variations de température,
 - Prévisions et horaires (passage à zéro heure, continuité au delà de 24h, affichage graphique de la configuration du passage en cours et de la position du soleil, des nuages (?), etc.)
 - Ajout d'une éphéméride des planètes pour le pointage de la tourelle pour les cas où il n'y a pas d'étoile très brillante visible
- Laser :
 - Renforcement de la ventilation de l'alimentation de l'électronique du laser
 - Vérification de toutes les optiques du banc laser et de la tourelle,
 - Formation d'observateurs à la maintenance "usuelle" du laser (i.e., changement des barreaux, des flashes, réglage de l'alignement, etc.)
 - Prévoir de changer plus de barreaux afin d'observer les cibles LAGEOS un maximum (le laser étant alors à pleine puissance).

V - Projet (UE) GAVDOS

a) Introduction

Le secteur TAOB du CNES a toujours fortement soutenu l'océanographie spatiale, en particulier les projets TOPEX/Poséidon et Jason-1. Aussi, la station mobile a-t-elle été impliquée le plus possible dans des projets (internationaux) liés aux missions altimétriques.

Le projet Gavdos, a priori entièrement financé par la communauté européenne, a été monté dès 1999 à l'initiative du projet CNES Jason-1 et du GRGS, pour finalement être accepté fin 2001. Il regroupe 8 partenaires, dont l'OCA/CERGA pour un montant de 120 k€, le P.I. étant M. Stelios Mertikas (Univ. Technique de Crète, Chania) ; voir le site <http://www.gavdos.tuc.gr/> , en particulier la partie : [introduction_whole.htm](http://www.gavdos.tuc.gr/introduction_whole.htm) .



Gavdos est petite une île située à 45 km au sud de la Crète, au-dessus de laquelle il existe un point de croisement de l'orbite Jason-1. Cette île est aujourd'hui équipée comme un site géodésique d'étalonnage altimétrique. De plus des expériences aéroportées sont prévues pour la détermination du géoïde local, et d'autres vont apporter une topographie dynamique de la mer à petite échelle.

Nous proposons d'y apporter un suivi local de l'orbitographie des satellites océanographiques par la télémétrie laser. En outre, l'est de la Méditerranée étant une zone peu couverte par cette technique, c'est une bonne opportunité pour couvrir aussi les satellites bas Champ et Grace. Afin de réaliser un positionnement de qualité et d'intégrer les mesures laser dans le réseau international, les cibles géodésiques LAGEOS seront, comme en Corse, poursuivies le plus possible.

Compte tenu de la précarité du site de Gavdos, nous avons proposé de déployer la station mobile en Crète, plus précisément sur le campus de l'Université Technique de la ville de Chania (côte nord ouest).

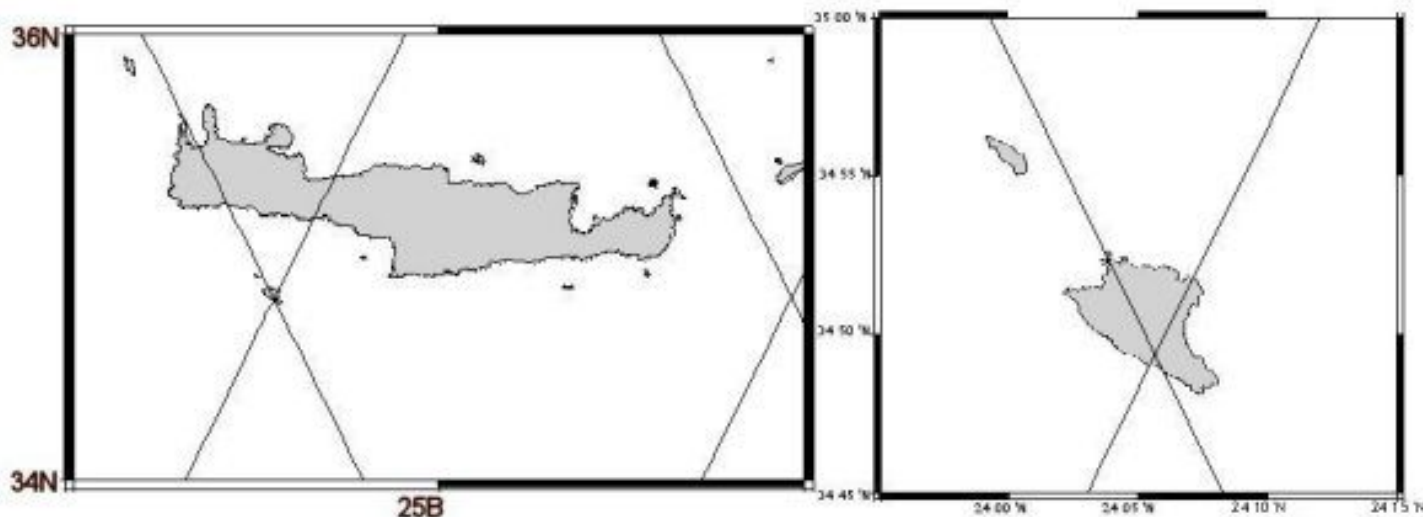
Le projet d'installation, prévu initialement en 2002, a été décalé en 2003 suite au retard pris par la mission Jason-1 (un an et demi).

b) Objectifs de la campagne laser en Crète

1. CAL/VAL : Jason-1, TOPEX/Poseidon, et ENVISAT, ERS
2. poursuite et positionnement avec les cibles LAGEOS ; comparaison avec un positionnement GPS (récepteur permanent proche de la station mobile)
3. couverture laser en Méditerranée orientale de satellites bas (Champ, Grace)

On peut rappeler que la Crète, comme toute la zone orientale de la Méditerranée, a fait l'objet de nombreuses campagnes de stations laser transportables dans les années 80 (projet de géodynamique régionale Wegener). Il existe un point géodésique laser en Crète, dont il a été possible de retrouver les coordonnées et la vitesse horizontale d'approximativement 4 cm/an vers le sud-ouest (cf., E. Pavlis, 2002).

Aujourd'hui, avec le déploiement très important de nombreux récepteurs GPS, y compris en Crète, et le succès de cette technique pour la géophysique régionale, la place du laser redevient importante en tant que technique spatiale de suivi d'orbite et de positionnement fondamental, en particulier pour la composante verticale.



CRETE et Ile de GAVDOS au sud, avec le point de croisement JASON-1

c) Prévisions (calendrier, personnels, budget)

- **calendrier** : départ mi-mars de la station en camionnette puis en ferry. Campagne d'observations jusque fin juin. Ensuite, cela dépendra du budget, de la disponibilité des observateurs, de l'état de la station, de la météo (fortes températures en été). Les mois de septembre et octobre devraient être utilisés, grâce à une météo certainement plus favorable afin d'atteindre un objectif de 6 mois de campagne.
- **personnels** : nous avons prévu une installation à 3 personnes sur 1 semaine. Les observateurs les plus "chevronnés" (au nombre de 3) prendront ensuite en charge les 3.5 mois de mars-avril-mai-juin (un mois chacun environ), d'une part avec un collègue d'autre part avec des étudiants grecs (sur place) pour quelques nuits en fin de chaque semaine. L'idée étant de faire collaborer l'Université de Crète.
- **budget** : sur un maximum de 240j (2 x 4x30)+14j (2x7) de missions et environ 10-12 voyages AR, pour ces 3 mois et demi, il faut environ 43,000 + 10,000 euros. Ensuite en septembre-octobre, il faudrait 90j soit 12,000 + 5,000 euros de missions et de voyages, y compris le retour de la station.

Budget U.E. approximatif pour l'expérience de poursuite de satellites (océanographiques et géodésiques) en Crète en 2003 avec la STATION LASER ULTRA MOBILE (FTLRS) :

	<u>Printemps</u>	<u>Automne</u>
Missions	43,000	12,000
Voyages	10,000	5,000
Frais sur place	8,000	1,000
Construction sur place	11,000	
Transport et Assurance	5,000	
Consommables station	17,000	
Frais OCA/CNRS	6,000	
TOTAL en €	100,000	18,000
Grand TOTAL en €		118,000