Contribution du groupe ARTEMIS au projet OSMOTUS

A.Brillet, F. Cleva, J.P. Coulon, M. Merzougui

***ARTEMIS**, Université de Nice Sophia-Antipolis, CNRS UMR 6162, Observatoire de la Côte d'Azur*

Brillet@oca.eu, Cleva@oca.eu, Coulon@oca.eu, Merzougui@oca.eu

Plan de l'exposé:

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.0- Spécification
2.1- Livrables (Etat du design)
2.2- Personnel impliqué / Planning
2.3- Budget / Risques

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

A- Unité constituée à l'origine à Orsay pour porter le projet, et réaliser l'instrument VIRGO

VIRGO: interféromètre de Michelson kilométrique pour la détection des ondes de gravitation

cf http://www.ego-gw.it

Les compétences impliquées: laser, optiques des faisceaux gaussiens et cavités résonnantes, simulations optiques, asservissements rapides et contrôle de cavités résonnantes suspendues…

* l'unité obtient la responsabilité de la réalisation de la source laser de VIRGO (Laser 20W cw, mono-fréquence @1.064um, 24h/24h) stabilisé en:

- amplitude, 10^{-8}/sqrt(Hz) @100Hz
- fréquence, 0,1Hz/sqrt(Hz)
- profil d'énergie TEM00

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

B- en 1999, l'unité intègre l'Observatoire de la Côte d'Azur et diversifie ses activités avec :

- une équipe expérimentale Télémétrie (lasers fibrés) pour projet vols en formation (M. Lintz)

- une équipe expérimentale en optique quantique et lasers de forte puissance (cavités résonnantes suspendues, laser fibré, ctrl de cavités suspendues) applications pour Virgo et ITER (W. Chaibi)

- une équipe d'analyse de donnée et de simulation pour le projet LISA (homologue de VIRGO, dans l'espace)

- une équipe de théoricien dans le champ de l'astrophysique non photonique (en lien avec VIRGO/LIGO/ET)

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO
(mise à jour de VIRGO, 10X plus sensible)

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO

En autres, on demande une stabilisation de puissance de 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 30Hz

(soit -172dB/Hz)

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO

En autres, on demande une stabilisation de puissance de 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 30Hz

(soit -172dB/Hz)

Etat de l'art (Avril 2010):

- on obtient **dP/P= 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 7Hz**, avec une expérience garantie sans 'bruit de pointé' du faisceau.

- on met en évidence une spécification sur le couple « homogénéité de sensibilité des photodiodes/bruit de pointé du faisceau »

- on caractérise la non-homogénéité des photodiodes (typ. : $\frac{1}{S}.\frac{\partial S}{\partial x}$ = 0,4%/3mm)

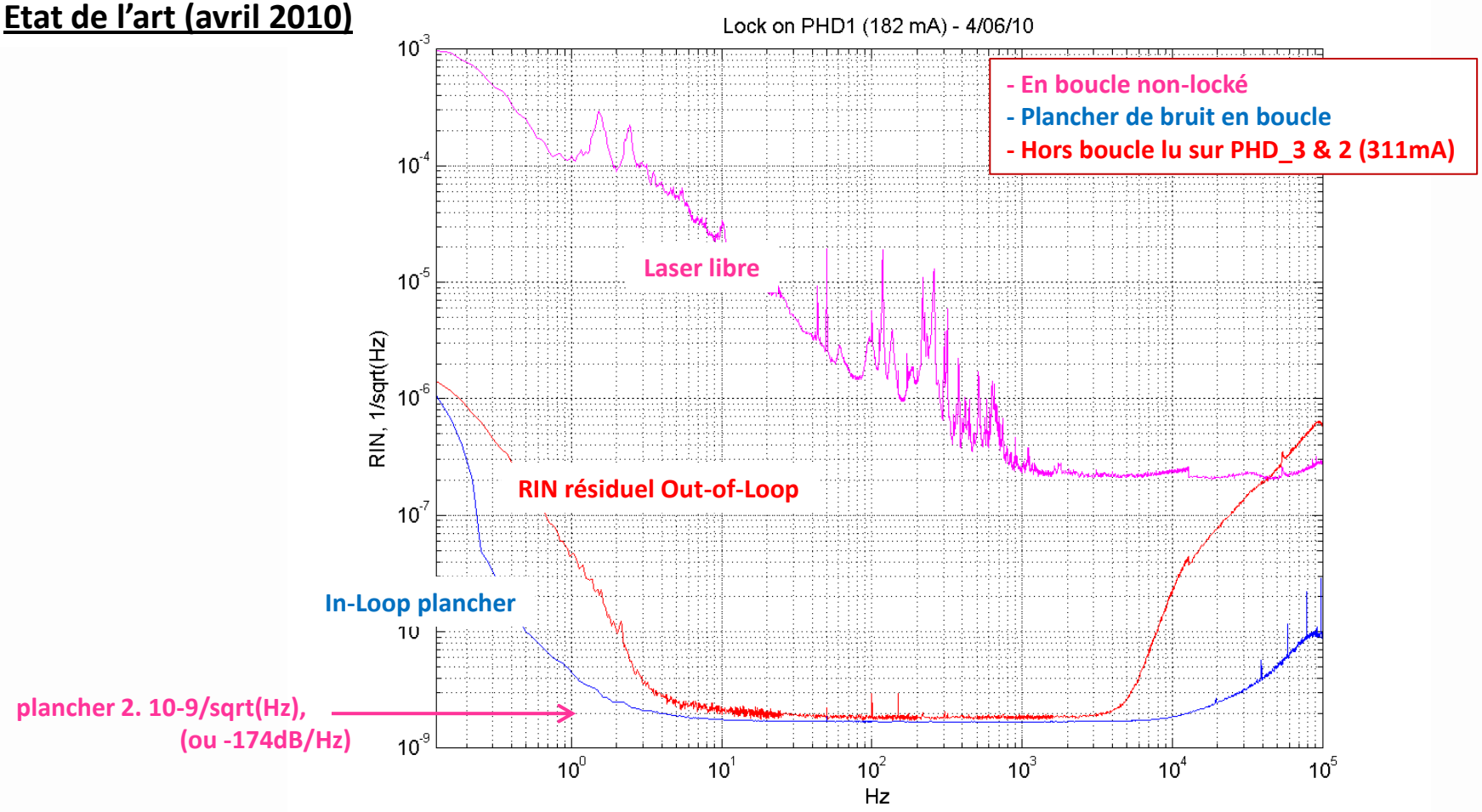
- on propose une solution pour réduire la non-homogénéité des photodiodes

1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO

En autres, on demande une stabilisation de puissance de 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 30Hz

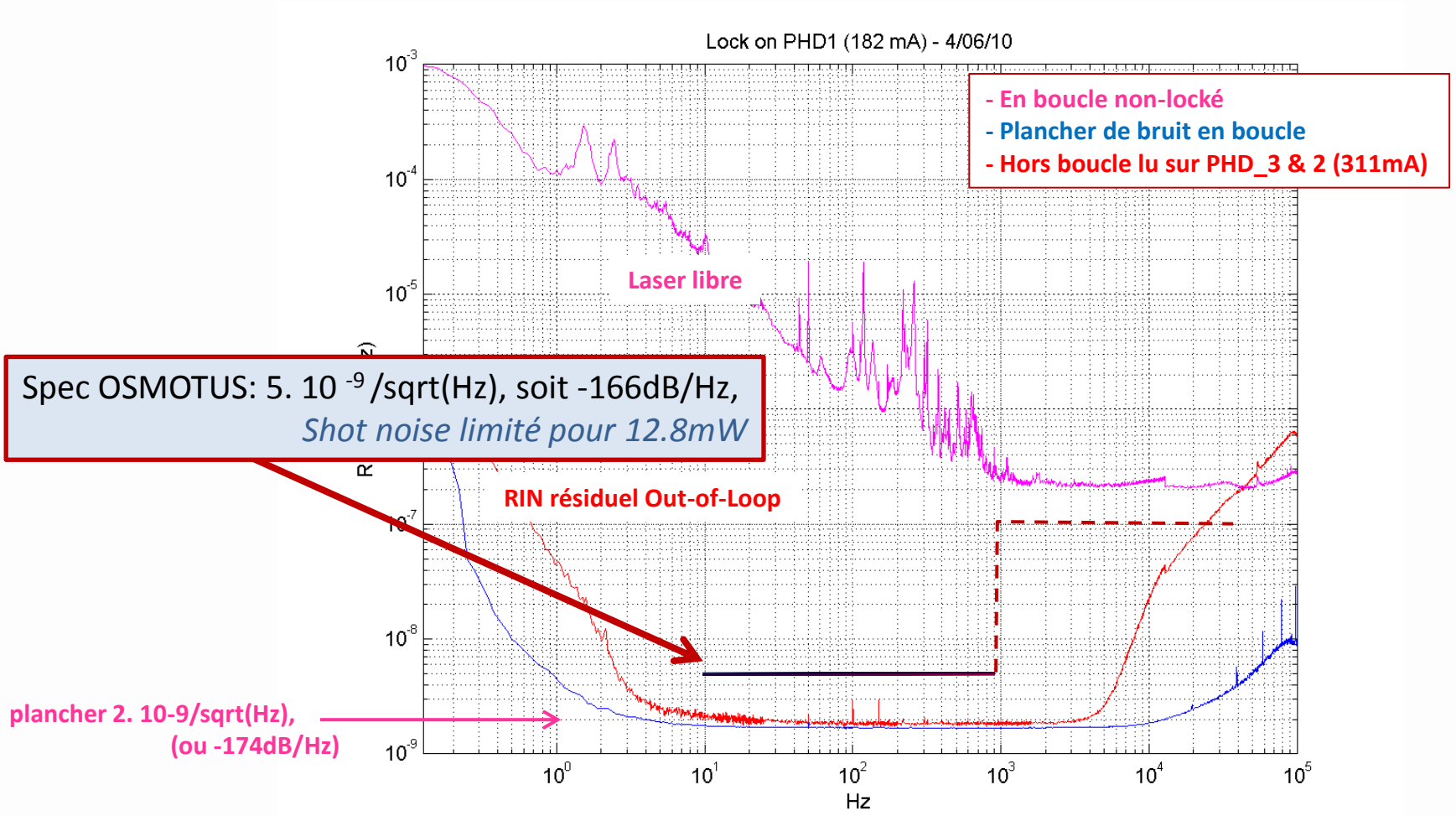
Etat de l'art (avril 2010)



1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO

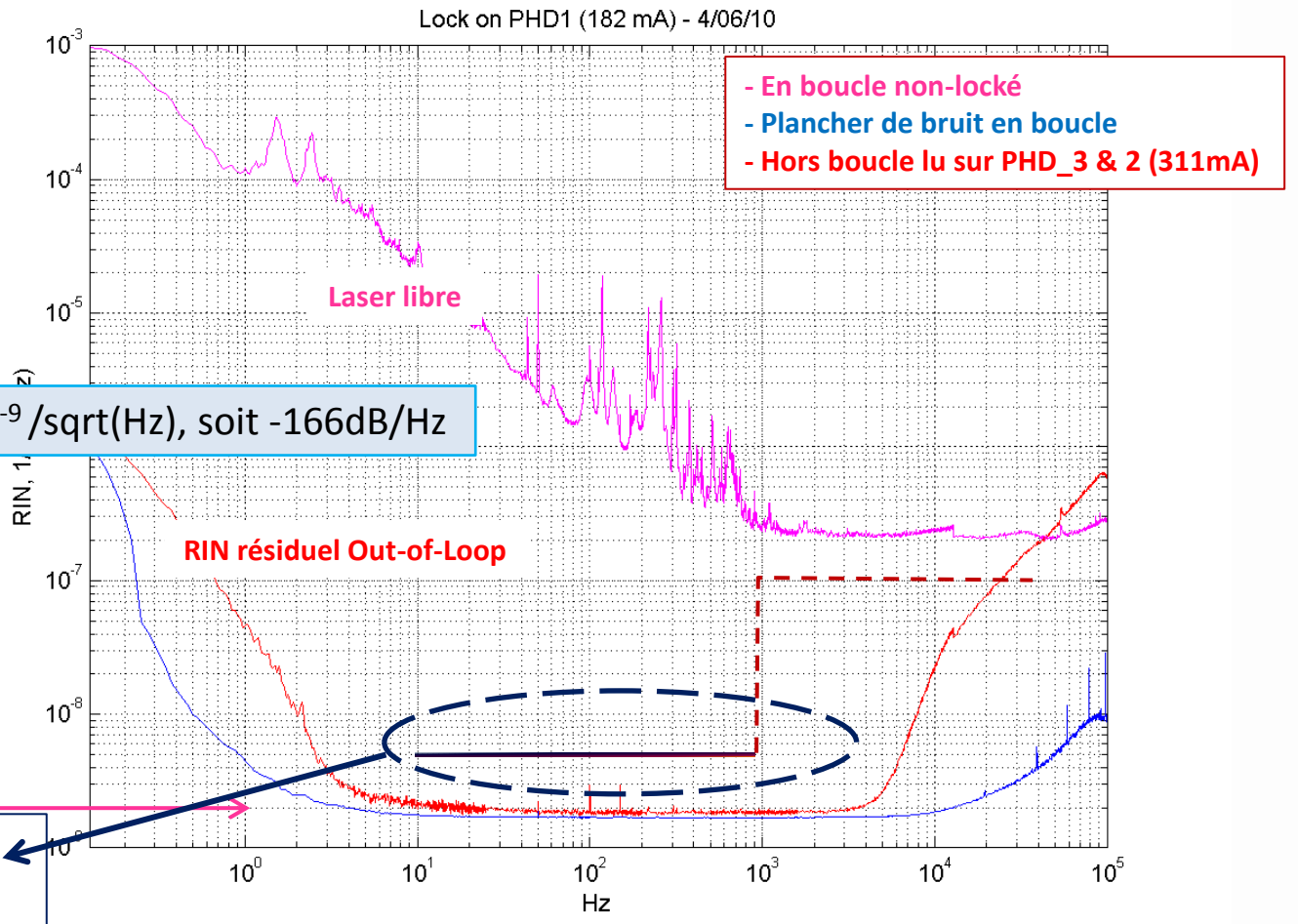
En autres, on demande une stabilisation de puissance de 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 30Hz



1- Présentation du groupe ARTEMIS / lien avec le projet OSMOTUS

C- en 2009, l'unité a la responsabilité de la fourniture du laser 200W pour le projet Advanced VIRGO

En autres, on demande une stabilisation de puissance de 2,4. 10^{-9}/sqrt(Hz) @ 30Hz



Spec OSMOTUS: 5. 10^{-9} /sqrt(Hz), soit -166dB/Hz

plancher 2. 10-9/sqrt(Hz)

Notre contribution à OSMOTUS

2- Présentation de la tâche 3 (« Amplitude stabilisation system»)

2.0- Définition et Spécifications

Stabilisation de puissance du Dual Freq Laser (DFL), développé @ IPR

* RIN = 5. 10^{-9}/sqrt(Hz) de 10Hz ~~à 1MHz~~ 1kHz [(1)], facteur 20db de sécurité
* RIN = 1. 10^{-7}/sqrt(Hz) pour 1kHz < F < 1MHz
* Relaxation DFL (40kHz)

2- Présentation de la tâche 3 (« Amplitude stabilisation system»)

2.0- Définition et Spécifications

Stabilisation de puissance du Dual Freq Laser (DFL), développé @ IPR

* RIN = 5. 10^{-9}/sqrt(Hz) de 10Hz ~~à 1MHz~~ 1kHz [(1)], facteur 20db de sécurité
* RIN = 1. 10^{-7}/sqrt(Hz) pour 1kHz < F < 1MHz
* Relaxation DFL (40kHz)

Questions:

2.0.1- [(1)] Confirmation des spécifications sur le RIN dès que possible

bien que la tache 'laser ctrl' (3.3) démarre en théorie le 04/2013 [(2)] , celle-ci pourrait être anticipée

[(2)] *cf « ANR-GUI-AAP-04-Doc Scientifique 2011 »*

2.0.1- Besoin en puissance

RIN = 5. 10^{-9}/sqrt(Hz) besoin de : 26mW disponible pour 2 photodiodes (In-loop, Out-of-Loop)

Photodiode quadrant besoin de: 8mW

qq ajustements optiques (pertes, T_séparatrices…): +30%

→ Total : 44mW nécessaire pour la P_stabilisation

seront-ils disponible?

…/…

2- Présentation de la tâche 3 (« Amplitude stabilisation system»)

…/…

Questions:

2.0.2- Bande-Passante de l'actuation ~ 100kHz en standard (EDFA) [(2)] ,

* prévoir développements supplémentaires de l'actuation si pas BP suffisant (laser trop bruyant en HF par ex. et spec HF trop serrées).

* Les premières mesures sur Dual-Frequency-Laser @ IPR prévues en avril-2013 [(2)]
  → disponible avant?

[(2)] *cf « ANR-GUI-AAP-04-Doc Scientifique 2011 »*

2.0.3- On suppose rétroaction et RIN présentent un comportement identique sur les 2 oscillations du DFL

* Quid si fonctionnement incohérent?

* Comportement vérifiable le 19/11/2014 ('Power stab completed', tache '3.5')

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.1- Senseur de RIN (« boite noire »)

Boite noire qui intègre 2 Photodiodes (PD) pour lecture RIN et PD quadrant, hors poussière, & adaptation faisceau

* Sur la base du design développé pour AdvVirgo (prototype)

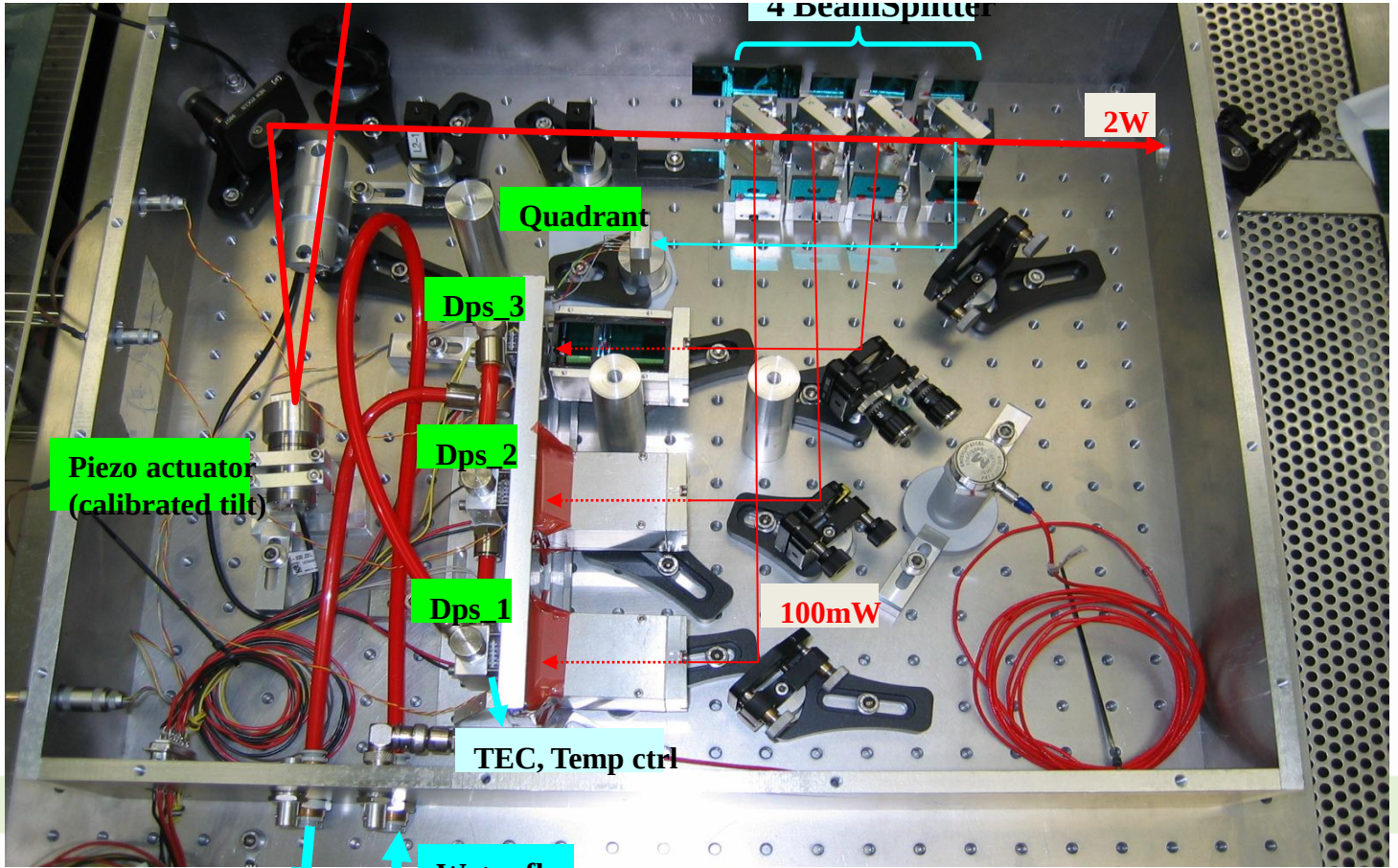
2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.1- Senseur de RIN (« boite noire »)

Boite noire qui intègre 2 Photodiodes (PD) pour lecture RIN et PD quadrant, hors poussière, & adaptation faisceau

* Sur la base du design développé pour AdvVirgo (prototype)



2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

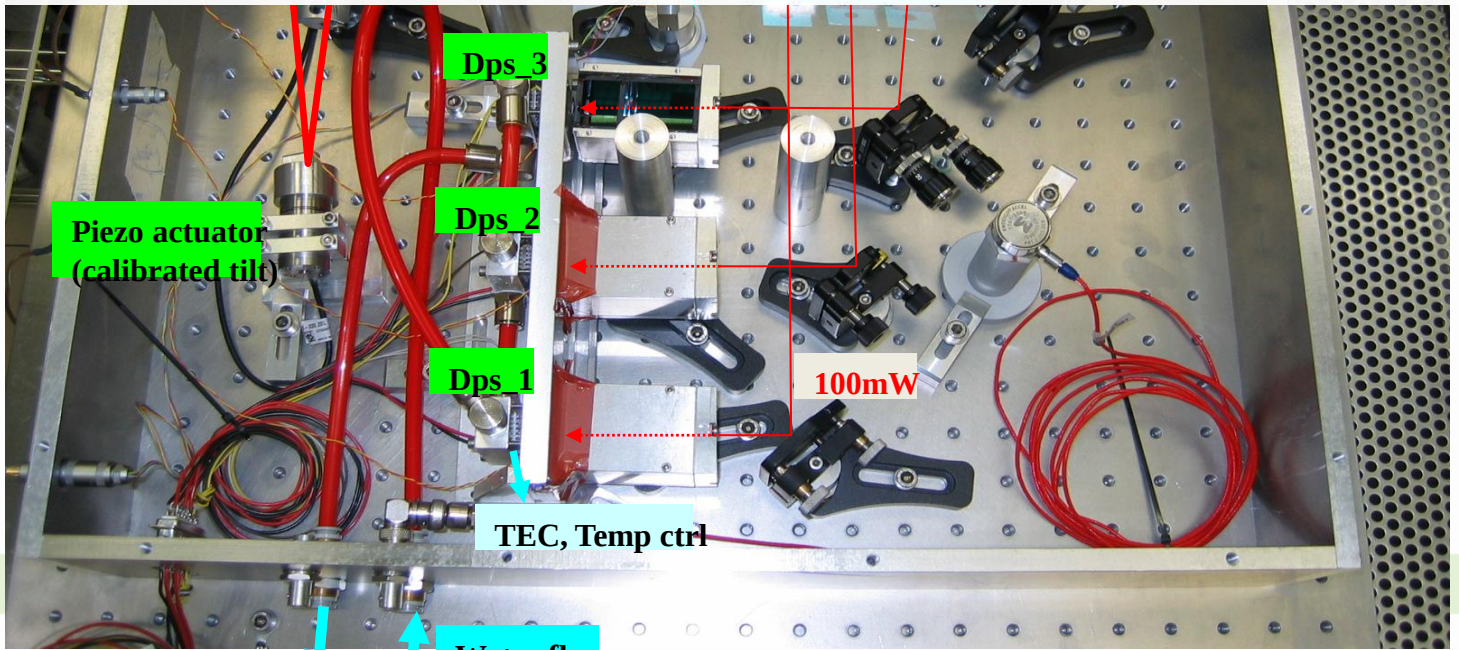
2.1.1- Senseur de RIN (« boite noire »)

Boite noire qui intègre 2 Photodiodes (PD) pour lecture RIN, PD quadrant, hors poussière, & adaptation faisceau.

* Sur la base du design développé pour AdvVirgo (prototype)

* Design à adapter aux spécificités OSMOTUS
  → définition des interfaces avant Oct. 2012

* Installée en transmission de cavité ULE (minimise bruit de pointé du faisceau sur la PD)



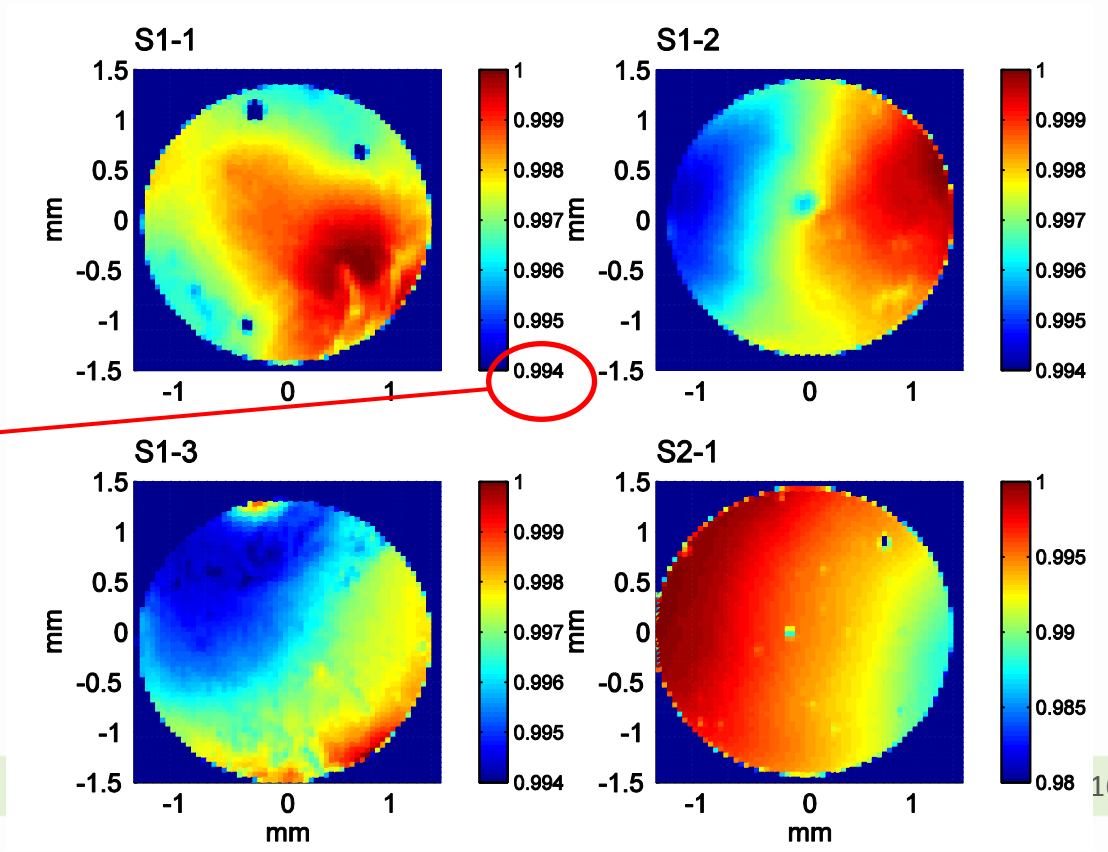
2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.2- Photodiodes *(intégrées au senseur de RIN)*

* Achat (sur la base des exemplaires AdvVirgo) + caractérisation à Nice

Exemples de carte de sensibilité de 4 PD InGaAs, ϕ 3mm, pour Adv Virgo



$\frac{\Delta S}{S}$ = 0,6%

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.2- Photodiodes *(intégrées au senseur de RIN)*

* Achat (sur la base des exemplaires AdvVirgo) + caractérisation à Nice

Exemples de carte de sensibilité de 4 PD InGaAs, ϕ 3mm, pour Adv Virgo

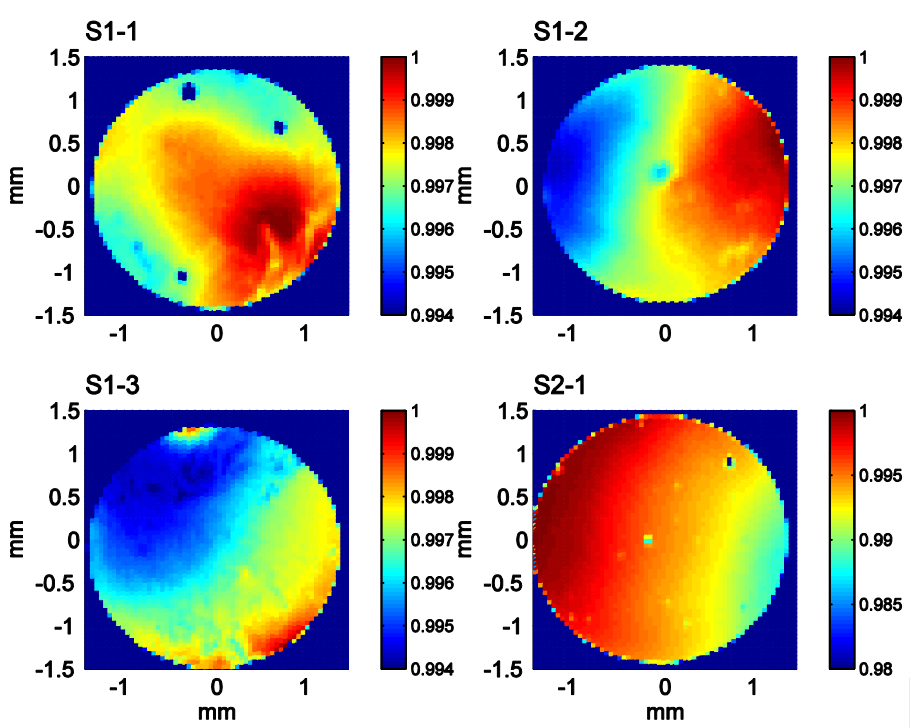
* Donne lieu à des coef. de couplage K = $\frac{1}{S}.\frac{\partial S}{\partial x}$, de qq unités m^{-1}

* Avec RIN = BruitPointé * K ,

et Spec_RIN = 5 10^{-9}/sqrt(Hz)

→BruitPointé = 5 10^{-9}m/sqrt(Hz)

(sur la photodiode)



2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

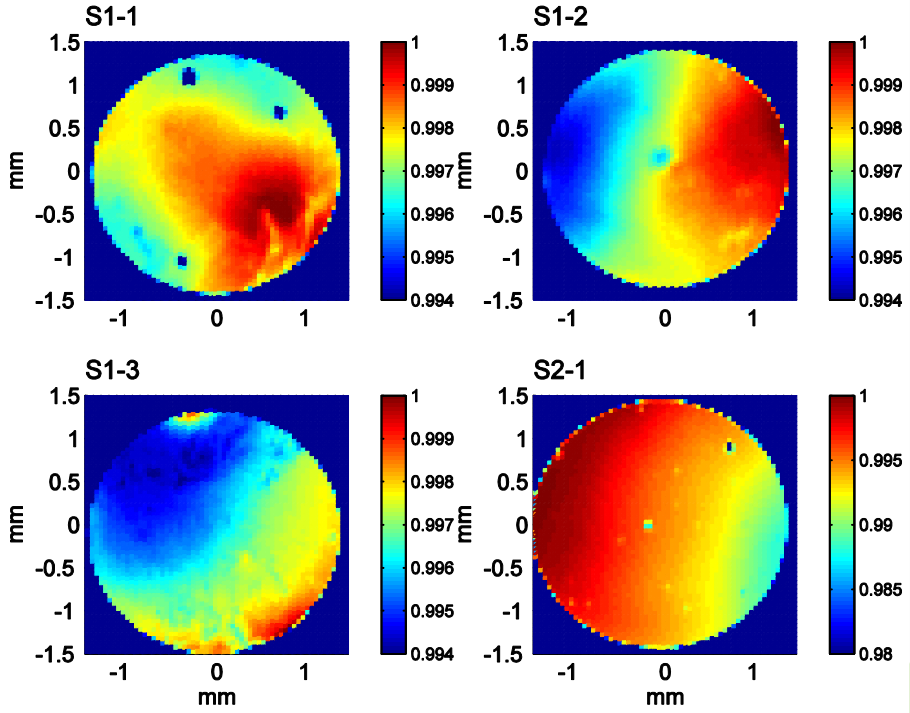
2.1.2- Photodiodes *(intégrées au senseur de RIN)*

* Achat (sur la base des exemplaires AdvVirgo) + caractérisation à Nice

* Performances du couple [homogénéité de la sensibilité des photodiodes - Bruit de Pointé du faisceau]:
  à priori acceptable pour OSMOTUS, (peut être sans compensation de la PD)

* mesure BruitPointé possible le 22/11/ 2013 (tache 2.3.6 « optical setup ready »), donc après la bataille
  On se basera sur une estimation raisonnable du BP et sur un 'best effort basis'

* Si pb de pic de résonnance mécanique,
  à résoudre sur site



2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.2- Photodiodes *(intégrées au senseur de RIN)*

* Achat (sur la base des exemplaires AdvVirgo) + caractérisation à Nice

* Performances du couple [homogénéité de la sensibilité des photodiodes - Bruit de Pointé du faisceau]:
  à priori acceptable pour OSMOTUS, (peut être sans compensation de la PD)

* mesure BruitPointé possible le 22/11/ 2013 (tache 2.3.6 « optical setup ready »), donc après la bataille
  On se basera sur une estimation raisonnable du BP et sur un 'best effort basis'

* Si pb de pic de résonnance mécanique,
  à résoudre sur site

Problèmes potentiels

* Quid si qualité des PDs inférieure au stock déjà acquis?

→Possibilité de compenser, dans une certaine mesure

→ diversifier les fournisseurs (mais coût non budgétisé)

→ resserrer spécif sur Bruit Pointé

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.3- Boucle électronique (ampli/ actuateur / préampli photodiode)

* Mise en œuvre de l'état de l'art développé pour Adv. Virgo sur OSMOTUS:

- Electronique analogique bas bruit (qq 1^{e}-9/sqrt(Hz)) ,
- asservissement 100kHz BW pour stabilisation de puissance & MHz pour stabilisation de fréquence sur lasers Nd-Yag à solide et Yb fibrés (1.064um).

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.1- Livrables

2.1.3- Boucle électronique (ampli/ actuateur / préampli photodiode)

* Mise en œuvre de l'état de l'art développé pour Adv. Virgo sur OSMOTUS:

- Electronique analogique bas bruit (qq 1^{e}-9/sqrt(Hz)) ,
- asservissement 100kHz BW pour stabilisation de puissance & MHz pour stabilisation de fréquence sur lasers Nd-Yag à solide et Yb fibrés (1.064um).

Besoins:

- Fonctions de Transfert Dual-Freq-Laser/ Semicond-Optical-Ampli/ Erbium-Doped-Fiber-Ampli

- niveaux de bruit DFL/SOA/EDFA/ relaxation DFL

- mise à disposition des entrées d'actuation (Ctrl de diode de EDFA…)

- préciser type et performances de l'actuation (selon spec., besoin peut être > 100kHz?)
→ intérêt de connaître dès que possible, possible de réajuster planning pour gain de temps

- Mesures sur FT et Bruit seront disponibles le 15/04/2013 après 'laser syst bench' (tache 2.1.8)

→ possible gagner ~1 mois, si tache 2.1.8 anticipée et selon dispo du personnel

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.2.1- Personnel

4 permanents, ~~1 stagiaire (avril 2012)~~ [(1)]

- A. Brillet, asservissement & bruit laser
- F. Cleva, conception optique/méca, intégration, suivi de projet
- J .P. Coulon, conception électronique, intégration
- M. Merzougui, conception mécanique, intégration

[(1)] absence de stagiaire pour raison d'organisation interne, mais possibilité d'avoir renfort:

- Ingénieur opticien/électronique (6 mois)

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.2.1- Personnel

4 permanents, ~~1 stagiaire (avril 2012)~~ (1)

- A. Brillet, asservissement & bruit laser
- F. Cleva, conception optique/méca, intégration, suivi de projet
- J .P. Coulon, conception électronique, intégration
- M. Merzougui, conception mécanique, intégration

(1) absence de stagiaire pour raison d'organisation interne, mais possibilité d'avoir renfort:

- Ingénieur opticien/électronique (6 mois)

2.2.2- Planning

Planning séquentiel (lié à la dispo. du personnel) → peu compressible

Mais 2 inputs:

* 14/04/13 - Mesure TF Laser Dual Freq Laser @ IPR (2)
  possible d'anticiper? → gain ~1 mois

* 19/11/13 - livraison tache 3.5 ('power Stab completed') (2)
  possible intervertir taches 5.1.5 ('DFL noise perf') et 5.1.3 ('phase noise perf down conversion') ?
  → gain 2mois

(2) *cf « ANR-GUI-AAP-04-Doc Scientifique 2011 »*

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.3.1- Budget

- La réduction de budget demandée par l'ANR affecte,
    * les missions plénières (1 seule pers. présente)
    * les participations aux conférences (annulées)
    * le matériel d'équipement qui sera de seconde main

- Demande de budget auprès du Conseil Général du 06 (21k€) (1)
    * un environnement de 2m^2 à empoussièrement contrôlé (classe ISO 5)
    * composant opto-mécanique

(1) si refus, possible de 'jongler' avec les manips en cours mais impact sur délai?

2- Présentation de la tâche 3 (« Laser amplitude noise stabilisation design»)

2.3.1- Budget

- La réduction de budget demandée par l'ANR affecte,
  * les missions plénières (1 seule pers. présente)
  * les participations aux conférences (annulées)
  * le matériel d'équipement qui sera de seconde main

- Demande de budget auprès du Conseil Général du 06 (21k€) (1)
  * un environnement de 2m^2 à empoussièrement contrôlé (classe ISO 5)
  * composant opto-mécanique

(1) si refus, possible de 'jongler' avec les manips en cours mais impact sur délai?

2.3.2- Risques

- 2 oscillations à 2 fréquences pour une seule rétroaction sur le RIN à 5. 10^{-9}/sqrt(Hz) ?

- rétroaction sur une combinaison des polarisations transmises par cavité ULE ?
  → des tests possibles en amont (mesure de fonction de TF...)?
  Pas planifié à ce jour

Intégration sur site

- Si niveau de bruit de pointé élevé & résonnances mécaniques…
  → à gérer sur site (isolation sismique, acoustique du banc IPR)

Merci pour votre attention