

© CNRS Photothèque - PERRIN Emmanuel

EDITO *par René Crusem, Tony Monfret et Helle Pedersen*

Depuis plusieurs années, la communauté géophysique française unit ses forces dans le but de redéfinir et d'améliorer les infrastructures d'observation géophysique dédiées à la recherche.

Une étape importante a été franchie lors du lancement du projet RESIF, qui regroupe une très grande partie de ces outils d'observation. Cela permettra à terme aux dispositifs français d'intégrer les infrastructures de recherche européennes existantes et futures.

L'objet de cette "newsletter" RESIF est de vous informer sur les différentes phases de construction et de fonctionnement du projet RESIF. Dans ce premier numéro, seront présentés le mode de gouvernance et de fonctionnement du Consortium-RESIF ainsi qu'un article sur le gravimètre à onde de matière acquis dans le cadre de RESIF.

La newsletter RESIF a également pour vocation de servir comme outil de communication au sein de la communauté des sciences de la Terre, et de la géophysique en particulier. Nous nous emploierons dans les futurs numéros de la newsletter RESIF à faire connaître le personnel technique et administratif des structures nationales qui ont permis au projet RESIF de voir le jour et qui, à des degrés divers, continuerons d'y jouer un rôle clé pour que RESIF soit un véritable succès au service de la communauté scientifique et de la recherche dans notre pays.

ACTUALITES

1/10/2012 : Réunion RESIF-SI

17-20/9/2012 : Réunion scientifique et technique d'EPOS

3-5/9/2012 : Réunion technique projet large-bande

19/6/2012 : Réunion du Comité Directeur

8/2/2012 : 1^{ère} réunion du Comité Directeur

20/12/2011 : RESIF-CORE est lauréat de l'Equipex

6/10/2011 : Démarrage du Consortium-RESIF

PORTRAIT (p.5)

René Crusem, Président du Consortium-RESIF

ARTICLE (p.6)

«Le gravimètre à onde de matière: une instrumentation innovante pour RESIF» *par S. Bonvalot et B. Desruelle*

RESIF : comment ça marche ?

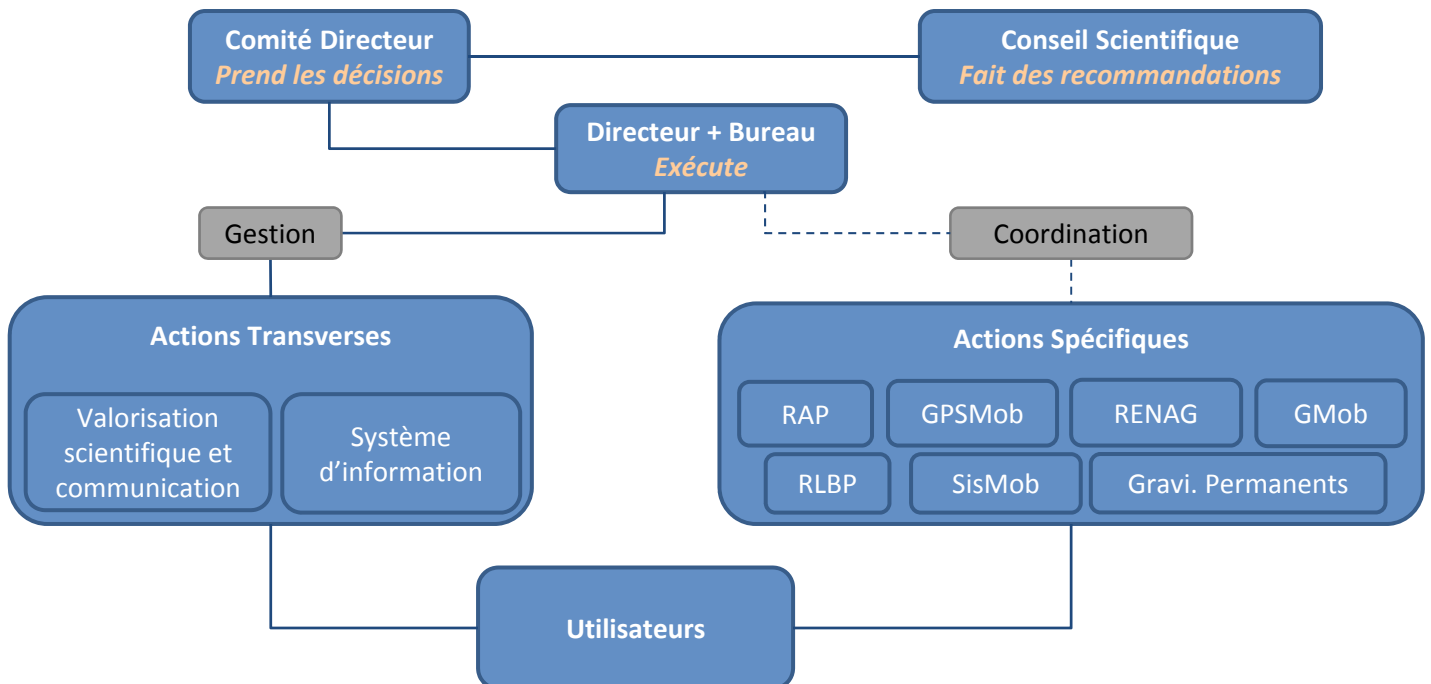
Le projet RESIF a démarré en 2008 lors de son inscription sur la feuille de route des Très Grandes Infrastructures de Recherche éditée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. C'est un projet national impliquant de très nombreux acteurs appartenant à des organismes et établissements de recherche français dans le domaine des sciences de la Terre.

L'objectif de RESIF est de développer en France métropolitaine une infrastructure d'observation géophysique intégrée afin d'étudier la Terre et de mieux comprendre les aléas associés (voir <http://www.resif.fr/org.php>).

RESIF est une des contributions françaises majeures à EPOS (European Plate Observing System) qui a comme vocation de construire un outil de recherche européen pour l'observation et la compréhension de la Terre. EPOS sera présenté dans un prochain numéro de cette newsletter et de plus amples informations peuvent être trouvées sur le site web de l'infrastructure à l'adresse <http://www.epos-eu.org/>.

CONSORTIUM-RESIF

Le projet RESIF est gouverné par le Consortium-RESIF qui a démarré le 6 octobre 2011 (convention disponible sur le site web www.resif.fr). La gouvernance et la gestion quotidienne s'effectuent par un Comité Directeur qui prend les décisions, un Conseil Scientifique qui fait les recommandations et un Directeur, assisté d'un Bureau qui exécute les décisions prises par le Comité Directeur, gère les Actions Transverses et coordonne avec leurs directeurs et dans le cadre de RESIF, les Actions Spécifiques.



LE COMITE DIRECTEUR

Le Comité Directeur a notamment pour fonction de décider des orientations scientifiques et stratégiques de RESIF et de piloter la réalisation d'Actions Transverses pour le Consortium-RESIF. Il émet des directives sur la coordination des Actions Spécifiques et des recommandations sur les moyens financiers et humains nécessaires au Consortium-RESIF et propose les priorités de financement.

Le Comité Directeur est composé d'un représentant désigné par chacun des 14 organismes partenaires. Il se réunit au moins une fois par an en présence de représentants des 3 Tutelles.

Le Comité Directeur élit en son sein un président pour un mandat de 2 ans renouvelable 2 fois. Le Président du Comité Directeur assure la communication nécessaire avec les partenaires et les tutelles, le Comité Directeur et le Directeur du Consortium-RESIF. Il est l'interface entre le Comité Directeur et le Conseil Scientifique. **Le président actuel de RESIF est René CRUSEM (CEA-LDG).**

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

Le Conseil Scientifique étudie et donne son avis au Comité Directeur sur le rapport d'activité scientifique élaboré par le Directeur de RESIF assisté du Bureau. Il établit notamment un avis scientifique sur la pertinence des actions de RESIF ainsi que des propositions d'évolutions de RESIF et des programmes de recherches associés.

Les membres du Conseil Scientifique sont nommés par le Comité Directeur. Après discussion au sein du Comité Directeur en juin 2012, les directions générales de constitution ont été approuvées (ouverture disciplinaire, distribution géographique, ...) et une liste de candidats potentiels est à l'étude. Le Conseil Scientifique sera mis en place très probablement à l'automne 2012.

Le Conseil Scientifique se réunira annuellement sur convocation de son Président ou du Président du Comité Directeur.

LE DIRECTEUR

Le Directeur du Consortium-RESIF est le garant au quotidien du fonctionnement de RESIF et supervise la mise en œuvre des décisions du Comité Directeur et de l'utilisation des moyens du Consortium-RESIF. Il doit notamment coordonner les Actions Spécifiques et Transverses, élaborer et suivre le budget, rédiger les rapports annuels, etc.

Le Directeur du Consortium-RESIF est désigné pour 4 ans (renouvelable une fois) par le Comité Directeur. **Le Directeur actuel de RESIF est Helle PEDERSEN (CNRS-INSU).**

LE BUREAU

Le Bureau assiste et conseille le Directeur dans son travail.

Le Bureau se réunit au moins 4 fois par an. Il se compose du Président du Comité Directeur, du Directeur et de trois personnes nommées par le Comité Directeur pour une durée de 2 ans, renouvelable 1 fois. Ce Bureau est actuellement en phase de constitution.

Ont été nommés à ce jour **Tony MONFRET (IRD-OCA) qui est en charge de la communication interne à RESIF et Jean CHERY (CNRS-Géosciences Montpellier), qui coordonnera l'élaboration des bilans et prospectives scientifiques.**

Les responsables des actions peuvent participer au travail du Bureau.

LES ACTIONS TRANSVERSES

Elles se regroupent sous forme de deux grands projets directement gérés par RESIF.

Systeme d'Information (SI)

Le SI s'inscrit dans un cadre national, européen et international de distribution libre et gratuite en temps rapide de données et métadonnées géophysiques. L'acquisition d'un volume grandissant de nouvelles données imposera une réorganisation progressive du SI par rapport à l'existant. Actuellement, un centre national de distribution de données sismologiques est en cours de construction à l'UJF à Grenoble. Des changements rapides au niveau international sur la distribution de données géodésiques mèneront en France à des évolutions sur le moyen terme que RESIF accompagnera. Au sein du SI a été mis en place une structure projet et un comité de pilotage composé d'un responsable scientifique **Eric DEBAYLE (CNRS, Laboratoire de Géologie de Lyon), assisté de Jocelyn GUILBERT (CEA-LDG) et de Helle PEDERSEN (CNRS-INSU)**. La mise en œuvre du projet sera confiée à un chef de projet technique.

Valorisation Scientifique et Communication

La valorisation scientifique et la communication sont intimement liées. Elles concernent tout d'abord la diffusion des résultats scientifiques, mais également la communication de ces résultats vers un public élargi, avec une attention particulière aux applications dans le domaine des risques naturels et des ressources naturelles. Ces fonctions sont destinées aux scientifiques et au grand public mais servent également de lien de contact et d'information avec tous les acteurs de la société, notamment les pouvoirs publics et l'enseignement.

Ce volet est animé par un « responsable communication » dont l'action vient en appui à la communication réalisée par les membres du Consortium-RESIF, sans se substituer à ceux-ci. RESIF étant une infrastructure de recherche, les missions « opérationnelles » - comme par exemple des missions d'alerte - restent sous la responsabilité des acteurs qui en ont la mission.

LES ACTIONS SPECIFIQUES

Ce sont des projets avec leurs propres spécificités, leur propre système de gouvernance et leur propre politique de partenariat, financement, etc. Actuellement, 7 Actions Spécifiques collaborent avec le Consortium-RESIF et plus particulièrement son Directeur, dans un cadre bien défini d'archivage et de distribution libre et gratuite de leurs données.

Les Actions Spécifiques sont gérées par des accords en cours d'élaboration (actions CNRS-INSU propres, conventions multi-organismes existantes ou en élaboration), entre un sous-ensemble de partenaires et le Consortium-RESIF.

- Action Spécifique 1 : **RAP** (Réseau Accélérométrique Permanent, Directeur : Mathieu Causse)
- Action Spécifique 2 : **RLBP** (Réseau Large Bande Permanent, Directeur : Jérôme Vergne)
- Action Spécifique 3 : **RENAG** (REseau NATional GPS permanent, Directrice : Andréa Walpersdorf)
- Action Spécifique 4 : **Gravimètres Permanents** (Directeur : Jacques Hinderer)
- Action Spécifique 5 : **SisMob** (Parc sismologique mobile national, Directrice : Anne Paul)
- Action Spécifique 6 : **GPSMob** (Parc GPS mobile national, Directeur : Frédéric Masson)
- Action Spécifique 7 : **GMob** (Parc gravimétrique mobile national, Directeur : Sylvain Bonvalot)

LE FINANCEMENT

Le budget récurrent est assuré par les partenaires de RESIF, via leurs financements propres. En effet, RESIF ne doit pas induire une augmentation des coûts de fonctionnement, mais au contraire conduire à une utilisation meilleure des ressources investies par le partage de données et la coopération accrue entre les partenaires. Cette fédération des efforts a permis d'obtenir des financements SOERE (Systèmes d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la Recherche en Environnement) et le soutien du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie permettant de démarrer la construction du centre de distribution des données sismologiques et de faire un important travail préparatoire pour le réseau sismologique large-bande. Ce travail et l'implication des partenaires et de leur personnel a récemment conduit au succès du projet EquipEx RESIF-CORE, avec une attribution de **9.3 M€** sur une période de sept ans. Le détail de ce projet fera l'objet d'un prochain article dans cette tribune.

PORTRAIT

René Crusem, Président du Comité Directeur de RESIF

René Crusem est ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris et titulaire d'un Doctorat en sismologie. Il a mené toute sa carrière au sein du CEA, dans le domaine de la sismologie, du traitement de signaux et d'images, de la simulation numérique et des méthodes inverses. Il est, depuis 2008, le responsable du Laboratoire de Détection et de Géophysique du CEA.



Le gravimètre à ondes de matière : une instrumentation innovante pour RESIF

par Sylvain Bonvalot et Bruno Desruelle

Un renouvellement de l'instrumentation gravimétrique nationale est prévu dans le cadre du projet RESIF-CORE afin de mettre à disposition des équipes de recherche des moyens de mesures permanents et mobiles pour l'étude des variations spatiales et temporelles du champ de pesanteur terrestre. Parmi ceux-ci, un instrument innovant, l'AQG (Absolute Quantum Gravimeter) verra prochainement le jour en France. Cet instrument appartient à une nouvelle génération de gravimètres « à ondes de matière » qui a fait l'objet de nombreux développements théoriques et expérimentaux dans plusieurs pays dans la dernière décennie. Depuis une quinzaine d'année, les mesures absolues de la pesanteur sont en effet obtenues au moyen de gravimètres balistiques dont le principe basé sur la chute libre d'un objet (coin cube) dans le vide permet de déduire par des mesures précises de temps (horloges atomiques) et de distance (interférométrie laser), l'accélération de la pesanteur en un point donné. Les récentes recherches dans ce domaine d'instrumentation se sont développées autour de l'utilisation d'atomes pour parvenir à des instruments précis, fiables et à terme utilisables à la fois en laboratoire et sur le terrain. Ce nouveau gravimètre devrait compléter la gamme des observations terrestres et spatiales.

Le gravimètre quantique absolu (Absolute Quantum Gravimeter, AQG) développé par la société μ QuanS est le premier gravimètre à ondes de matière commercial au monde. Cet instrument est le résultat d'un transfert de technologie depuis 2 laboratoires académiques français, le SYRTE (Systèmes de Références Temps-Espace, UMR 8630 CNRS – Observatoire de Paris – Université Pierre et Marie Curie) et le LP2N (Laboratoire Photonique Numérique et Nanosciences, UMR 5298 CNRS – Institut d'Optique – Université de Bordeaux).

L'AQG s'appuie sur une technologie unique, basée sur l'utilisation d'atomes piégés et refroidis par laser. Ces techniques permettent de créer un état de la matière offrant des propriétés remarquables, notamment pour la réalisation de mesures inertielles de très haute précision. Ces caractéristiques permettent ainsi d'aboutir à un instrument capable de réaliser des mesures absolues de gravité avec une sensibilité proche de $1 \mu\text{Gal}$ ($= 10^{-9} g$ où $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ représente l'accélération de la pesanteur). Par ailleurs, l'utilisation d'atomes froids permet d'éliminer complètement la présence de pièces mécaniques mobiles dans l'instrument, ce qui permet de relâcher les contraintes de maintenance et ouvre la voie à la possibilité de réaliser des mesures sur de très longues durées. Enfin, cette approche permet d'aboutir à un niveau d'intégration remarquable et l'AQG se révèle particulièrement compact pour un instrument de ce type (75 l, 50 kg), ce qui devrait simplifier considérablement la réalisation de mesures de terrain.

Principe général de fonctionnement

Le gravimètre à ondes de matière s'appuie sur un principe de fonctionnement très similaire à celui utilisé dans les gravimètres à coin de cube. Avec cet instrument, la mesure de gravité est effectuée en caractérisant l'accélération subie par un nuage d'atomes froids au cours d'une chute libre. Elle fait donc partie des méthodes balistiques de chute libre considérée officiellement par le BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) comme une méthode primaire pour la mesure de la gravité.

Une séquence typique de mesure s'organise de la façon suivante :

- Tout d'abord, les atomes sont piégés par laser dans une enceinte à vide et refroidis jusqu'à une température de quelques μK , soit à peine au dessus du zéro absolu.
- On coupe ensuite les faisceaux laser de manière à laisser tomber le nuage d'atomes en chute libre.
- Au cours de cette chute, on caractérise l'accélération verticale subie par les atomes grâce à une technique d'interférométrie à ondes de matière. On exploite ici le caractère ondulatoire de la matière pour faire interférer les ondes de matières associées aux atomes.

La durée typique de cette séquence de mesure est de 500 ms.

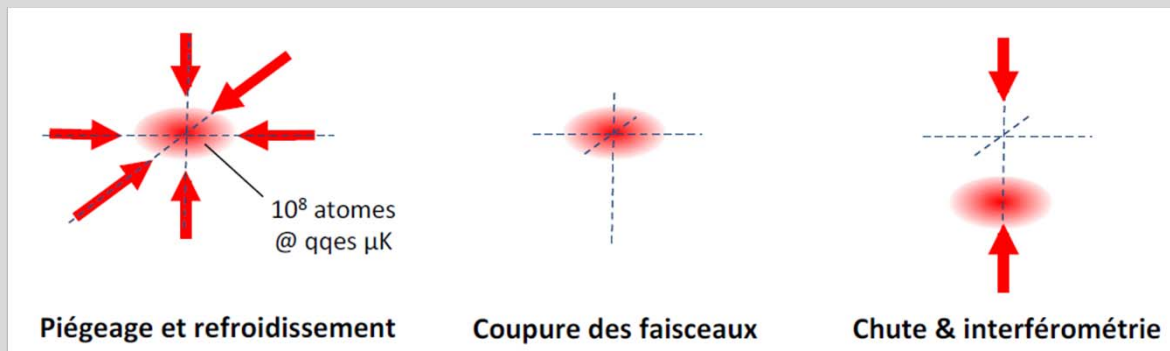


Fig. 1 : Description de la séquence de mesure

Technologie :

Le design de l'AQG repose principalement sur 2 innovations technologiques :

- un réflecteur pyramidal, qui permet de réaliser la mesure de gravité avec un unique faisceau laser (contre une petite dizaine dans des architectures standards), ce qui réduit considérablement la complexité, le volume et la masse de l'instrument.
- Un système laser entièrement fibré basé sur l'utilisation d'une approche « télécom + doublage en fréquence ». L'idée générale consiste à réaliser toutes les opérations de contrôle de fréquence des lasers à 1560 nm, puis à réaliser un doublage de fréquence pour générer le 780 nm nécessaire à la manipulation des atomes de rubidium.

Performances et fonctionnalités

Les caractéristiques principales de l'AQG sont les suivantes :

- Mesure gravimétrique absolue avec une sensibilité de l'ordre de 40 $\mu\text{Gal}/\text{VHz}$, et une sensibilité limite proche de 1 μGal .
- Acquisition de données continue sur des durées pouvant aller de quelques secondes à quelques années.
- Facilité de mise en œuvre et d'utilisation: acquisition automatique des données, mise en œuvre simple et rapide (pas d'assemblage à réaliser, un unique réglage de verticalité), interface utilisateur ergonomique facilitant l'acquisition et l'archivage des données.
- Compensation temps-réel des phénomènes de marée, des charges océaniques...
- Système actif de compensation des vibrations.

Conclusion

Près de 10 mois après le lancement du programme de R&D, le développement de l'AQG est bien avancé : la conception instrumentale est maintenant complètement terminée et les phases d'intégration des différentes briques technologiques sont en cours. Les premiers résultats expérimentaux sont attendus pour le mois d'octobre 2012. La société μQuanS , en collaboration avec les équipes RESIF, procéderont à une phase de validation des performances, avant de lancer la fabrication de la première unité qui sera livrée à RESIF en début d'année 2013.

Contacts

Sylvain Bonvalot, Sylvain.Bonvalot@ird.fr

Bruno Desruelle, bruno.desruelle@muquans.com

Références et sites web

- F. Pereira dos Santos and Arnaud Landragin. Getting the measure of atom interferometry, Physics world, November 2007
- Muquans : <http://www.muquans.com/>
- Gmob – Parc de gravimètres mobiles : <https://gmob.dt.insu.cnrs.fr>
- BGI : Bureau Gravimétrique International : <http://bgi.obs-mip.fr/>

EQUIPE DE RÉDACTION : René CRUSEM, Président du Consortium-RESIF, Lydie GUILLEROT (CNRS-INSU), Tony MONFRET, membre du Bureau de RESIF, Helle PEDERSEN, Directrice de RESIF
Adresse courriel : comm@resif.fr

Inscription à la Newsletter RESIF : <http://www.resif.fr/newsletter.php>