



Colloque International - 10 et 11 Oct. 2017 - Toulouse

Le climat a besoin d'Espace

QUESTIONS - REPONSES

Question : Je rejoins ce qui a été dit sur les difficultés de ces instruments de très haute précision, j'attire même l'attention des utilisateurs sur le fait qu'il ne faut pas qu'ils s'attendent, lorsqu'on produit dix instruments pour une constellation, à avoir dix fois la même chose. A un moment donné, on observera dans l'ultra précision spectrale le phénomène que connaissent les gens qui ont fait des horloges de haute précision : on en fait dix, on les teste durant des mois, puis on en jette huit pour n'en garder que deux.

Par ailleurs, concernant l'émulation et la coopération internationale, nous avons en Europe de bonnes équipes d'instruments, mais nous ne pouvons pas nous attendre à ce que les collègues japonais, américains ou autres aient forcément envie de faire le même appareillage que nous. Il y aura donc coopération, mais il restera des différences instrumentales, c'est inévitable. En revanche il est possible, si tous admettent qu'un type d'instrument est vraiment bon, qu'il soit choisi pour faire partie des plates-formes et constellations que les uns et les autres réaliseront.

J'ai, après ces deux commentaires, une question relative à la contamination. N'y a-t-il pas d'importants risques de contamination des instruments quand on les fait voyager sur un lanceur, et même dans l'espace avec des systèmes de propulsion et tout ce qui peut se produire sur les plates-formes ?

D. Gillieron : Je partage vos commentaires, notamment sur la coopération internationale. Il y a de plus en plus de types de senseurs différents qui apportent chacun quelque chose de différent. Il y a, à mon avis, de la place à la coopération sur les systèmes globaux, qui ne se limitent pas à un satellite et un instrument. Je ne crois plus à un seul instrument capable de casser la problématique du carbone ; cet instrument unique permettant de tout faire n'existe pas.

Pour ce qui est de la contamination, trois périodes se révèlent critiques lors de la réalisation d'un instrument. La première est l'intégration de toutes les parties optiques, réalisée dans l'ISO 5, elle contribue à environ 20 % de la contamination totale de l'instrument. Ensuite vient la partie AIT (assemblage, intégration et tests) de l'instrument. Relativement longue, elle contribue elle aussi à 20 % de la contamination de l'instrument. Après il y a une phase terrible, celle de l'intégration sur le satellite et du lancement, soit les 60 % restant, répartis à peu près ainsi : 20 % pour l'AIT satellite et 40 % pour le lancement, notamment lorsque le satellite est placé sous la coiffe et les instruments montés tout en haut du satellite, le passage sous la coiffe est absolument horrible en terme de contamination particulière. En orbite, on observe une autre forme de contamination, la contamination moléculaire. Toute une série de matériaux va désorber. L'eau ne pose pas trop de problème, mais d'autres contaminants, comme des polluants organiques, peuvent diviser par deux ou par trois le flux reçu en UV, par exemple. Ce sont ces trois catégories de contamination qu'il faut réussir à contrer, avec toute une série de techniques, tel le Bake-Out pour la partie contamination en orbite. La partie lancement et intégration satellite nécessite des discussions très serrées avec l'intégrateur satellite sur la manière de procéder. Où intègre-t-on l'instrument pour ne pas trop l'exposer

à la coiffe ? Quelles mesures prend-on ? On utilise des chaussettes, des choses qui relèvent un peu du gadget mais permettent de s'en affranchir. La moitié de la contamination d'un instrument se fait juste après sa livraison jusqu'au tir, et ça on ne peut pas le calibrer, c'est la limite ultime en termes de capacité de précision des instruments.

M. Pircher : Il a été question de l'inter-calibration des instruments, question importante pour tout le monde, et de la simplification potentielle des instruments dans l'hypothèse où on saurait ce qu'on extrait des mesures par traitement. Ne serait-il pas envisageable de faire travailler les uns et les autres – ce n'est pas toujours facile entre industriels –, scientifiques et agences utilisatrices, tel Eumetsat, afin de donner, dès la conception des nouveaux instruments, les axes de simplification ? Ça éviterait de mettre quinze ans, comme pour Aeolus. On pourrait ainsi, dès le départ, déterminer les traitements et l'inter-calibration susceptibles de simplifier les instruments. On fait parfois des efforts énormes pour tenir des performances secondaires qu'un autre instrument est tout à fait capable de déterminer. Je suis convaincu qu'on pourrait mettre des altimètres sur une orbite autre que l'orbite d'altimétrie, héliosynchrone par exemple, si on disposait du traitement des marées à part. On aurait alors un satellite beaucoup plus simple sur une orbite héliosynchrone. N'y a-t-il pas une réflexion à mener entre la communauté scientifique, les agences et les industriels pour simplifier et, avec des technologies d'aujourd'hui, aller plus vite à des résultats délivrant des informations liées au climat ?

B. Cugny : C'est possible pour certaines mesures, quand on regarde l'humidité dans l'atmosphère notamment. On va désormais la mesurer avec **MWS** dans Metop nouvelle génération, on le faisait avant avec **AMSU** ; c'est une assez longue série de données, relativement bien maîtrisée. On peut également la mesurer avec IASI, en infrarouge thermique, mais on n'observera pas tout à fait les mêmes couches, on n'aura pas les mêmes résolutions. Le micro-onde offre une couverture tout temps, pas l'infrarouge thermique. On pourrait rajouter une mesure active, le Lidar. Est-il pertinent pour mesurer l'humidité ? Il faudrait un profil très fin, une résolu en vertical, c'est très difficile. On a pour l'heure renoncé à le réaliser parce qu'il nécessite trop de puissance pour transmettre. Maintenant ces trois ensembles donnent-ils suffisamment de matière pour réaliser une spécification facile à mettre en œuvre pour faire un Lidar... ?

J. Schulz : Dans le monde de l'opérationnel, concernant le système de calibration et les missions que je vous ai présentées (l'infrarouge, les micro-ondes..), nous avons de l'inter-calibration, en tout cas le suivi de cette inter-calibration et de cet inter-étalonnage. Nous devons déterminer l'impact que ça peut avoir sur la récupération de données par exemple. Les agences, les partenaires trouvent parfois des défauts, mais il est important d'avoir un organe de coordination pour travailler sur le climat, ça permet de savoir quels instruments seront mieux à même d'enregistrer les données, les observations, y compris au stade de la correction.

Question : Pensez-vous avoir satisfait aux besoins définis dans la session 1 du colloque ? Vous parlez de ce que vous avez fait et ferez, mais pensez-vous satisfaire aux besoins des météorologues ?

E. Boussarie : Il serait, il me semble, prétentieux de prétendre satisfaire aux besoins. Et puis les sessions n'étaient pas exactement articulées de cette façon. Les besoins ne s'expriment pas avec les mêmes degrés de maturité non plus. Eumetsat est capable d'exprimer des besoins sur les aspects météorologiques ; la question du carbone dans l'atmosphère, même si elle est reliée à la météo, est une autre question, sur laquelle il n'y a pas forcément une communauté parfaitement structurée pour exprimer un besoin global. Donc non, on ne prétend pas avoir répondu à la session d'hier.

R. Meynart : En ce qui concerne le méthane et le CO₂, vous avez pu apprécier la complexité du problème. Nous sommes encore dans la phase de compréhension des besoins, donc c'est un peu prématuré de dire si nous pensons les satisfaire.

Question : J'aimerais revenir sur l'inter-calibration des instruments, en particulier OCO et GOSAT, évoqués par David Crisp. Il parlait de collaborations entre le **JPL** et la **JAXA**, sur l'inter-calibration des instruments et les méthodes de restitution des données. Ces travaux sont-ils connus ? Ont-ils été partagés par la communauté scientifique européenne ? Sont-ils conclusifs ? Ou reste-t-il des zones d'ombre, des difficultés ? Où se trouvent-elles ? Au niveau du transfert radiatif, des modèles de transport... ?

E. Boussarie : Cette question s'adresse davantage à la communauté scientifique, je pense.

C. Crevoisier (CNRS-LMD) : Oui, il y a eu beaucoup d'échanges au niveau scientifique entre les équipes OCO-2, Gosat, et les équipes européennes impliquées. Ça passe par un certain nombre d'initiatives. C'est toujours compliqué de coopérer entre les Européens, les Américains, etc. En Europe nous avons le CCI (Climate Change Initiative de l'ESA), dont une grosse partie est consacrée aux gaz à effet de serre, qui vise à comparer tout les algorithmes de restitution. Différentes équipes européennes cherchent les moyens de régler tous ces petits problèmes qu'on évoque depuis hier. La partie échange de données est gérée au niveau des agences en général, et ça se passe bien, les données sont disponibles les unes par rapport aux autres, notamment pour les niveaux 1 qui sont les radiants permettant d'inter-comparer les instruments. Sur les niveaux 2, on a aussi accès scientifiquement aux différentes données, avec pas mal d'exercices d'inter-comparaison. Au niveau 4, il y a énormément d'initiatives internationales, comme Transcom qui favorise la comparaison des différents modèles de transport atmosphérique afin d'identifier les problèmes et les améliorer. Des initiatives se font à différents niveaux, ce n'est pas évident de participer à tout, les communautés sont réduites. Il faut partager des informations, mais oui pas mal de choses se font.

Question : Pourrait-on faire comme recommandation à l'issue de ce workshop de systématiquement, lorsqu'on présente des résultats, indiquer les barres d'erreur ? C'est souvent fait, mais pas de façon systématique. Ça éclairerait les débats.

E. Boussarie : On ne peut que vous donner raison, car on a vu dans les présentations d'hier à quel point les barres d'erreur pouvaient être parfois aussi grandes que ce qu'on mesure.

Question : Je n'ai pas beaucoup entendu parler de gravimétrie pendant ces deux jours, or elle me semble déterminante, avec des travaux sur le bilan global du cycle de l'eau notamment,

pour lesquels on a eu besoin de Smos, des altimètres et des gravimètres. Je ne sais pas si c'est parce que les gravimètres sont intégrés dans d'autres plates-formes.

B. Cugny : Je ne l'ai effectivement pas identifiée alors que l'ONERA fait les micro-accéléromètres. C'est une mission qui contribue comme d'autres au climat. On a besoin de la gravimétrie pour faire des missions d'altimétrie de référence, aujourd'hui on utilise les données GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) pour les produits altimétriques.

R. Meynart : J'ai manqué de temps, mais je voulais évoquer le satellite GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), car c'est une donnée fondamentale.

P. Lecomte (ESA) : Dans le cadre du CCI, l'IMBI (Ice Mass Balance International Experiment), une activité financée par l'ESA et la NASA, consistait à reprendre toutes les données gravimétriques, altimétriques, etc., de façon à reconstituer l'évolution des glaces en Arctique et au Groenland. On a poussé l'activité jusqu'à essayer de fermer le cycle de l'eau (pas complètement parce qu'on n'avait pas la partie terrestre), on a comparé l'expansion thermique des océans, les eaux qui venaient des fontes des calottes polaires, des fontes des glaciers, mis tout ça ensemble et regardé si c'était cohérent. La gravimétrie est utilisée dans le cadre du climat ; on essaie également de travailler sur les flux, ou au moins de vérifier la cohérence de toutes ces variables, mais c'est très compliqué. C'est déjà complexe de travailler sur les ECV (Essential Climate Variables) en les séparant les uns des autres, alors si on met tous les éléments ensemble dans le même potage ça devient très difficile. C'est pourtant ce qu'on doit faire. On y travaille. C'est le cas avec ce que j'appelle Cross CCB Activities, dans le cadre de l'expansion du programme CCI, mais c'est très compliqué.

Question : Vous avez peu parlé de futurs satellites américains, tel Geocarb. Qu'en est-il de la coopération avec la Nasa sur ces futurs satellites ? Est-ce qu'en élaborant Sentinel-7 on réfléchit déjà à la façon dont il va s'insérer par rapport à eux ?

E. Boussarie : Pour ce que j'en sais la NASA et la JAXA ont construit une sorte d'équipe commune, en tout cas un endroit pour discuter ensemble qui s'appelle ACOS, donc on peut supposer, mais ce n'est qu'une supposition, que ce type de coopération va continuer. David Crisp appelle à ce que ce genre de relations continue. Le CNES discute avec la JAXA à propos de MicroCarb, pour voir les possibles inter-corrélations. Pour les autres agences je ne sais pas.

R. Meynart : Tout ce que je peux dire c'est que l'intention y est effectivement... Le travail que la Commission européenne a fait avec sa Task-force sur les émissions CO₂ était divisé en deux parties (A et B), ça a été expliqué dans la session 1. La Task-force B pense à l'entièreté du système, la composante spatiale, soyons modestes, n'en est qu'un petit élément. Actuellement l'effort est mis sur le système complet, qui doit fournir des informations au niveau général sur les émissions, mais il y a une intention de coordonner. Geocarb, autant que je sache, est un démonstrateur qui devra voler sur une plate-forme géostationnaire commerciale de télécom, c'est une approche très intéressante pour le futur, que nous observons avec attention.

Commentaire : Il faut citer les actions du GCOS, au niveau international, avec des groupes de travail, notamment sur les gaz à effet de serre, dans lesquels les agences essaient de mettre

en place une feuille de route commune pour implémenter des actions spatiales. Un livre blanc, piloté par David Crisp, est en préparation, et doit être conclu en 2018 ; il essaie de mettre en cohérence toutes les actions des agences spatiales sur au minimum la question des gaz à effet de serre.