Mise en orbite d'un bolomètre élaboré à l'Observatoire Royal de Belgique (ORB)

2ème partie : Présentation d'observations de divers phénomènes enregistrés en orbite par le BOS

Michel van Ruymbeke, Zhu Ping, Francis Renders & Jean-Philippe Noël.

Résumé: ***L'instrument bolométrique BOS fait partie du module SOVAP embarqué à bord du satellite PICARD. Ce deuxième article illustre ses caractéristiques métrologiques par les enregistrements de divers phénomènes tels que des pointés stellaires, une éclipse de Soleil, des occultations par la Terre, etc. Le lecteur peut ainsi appréhender la spécificité de notre approche instrumentale. Dés que l'état d'avancement des travaux d'analyse le permettront un troisième article sera publié***

Abstract: ***The bolometric part of the SOVAP instrument (SOVAP-BOS) is embarked on the PICARD satellite. This second paper introduces metrological patterns of the BOS with signals obtained for different events like star pointing, solar eclipse, and occultation by Earth, etc. When results of data analysis will justify it, a third paper will be published.***

Objectifs de cet article

Cet article fait suite à un premier article publié dans le Ciel&Terre précédent [van RUYMBEKE, M. et al. , 2010]. Il aborde l'illustration des aspects métrologiques du BOS en orbite. Rappelons que le dispositif est conçu pour l'observation des variations des rayonnements absorbés par sa face avant *(Fig.1)*. Ceux-ci comportent principalement l'irradiance solaire combinée aux effets entre autres liés à la présence de la Terre (±5% pour l'albédo et le rayonnement infrarouge).

La mise en orbite de PICARD le 15 juin 2010 a été assumée par une équipe russe opérant sur la base de Grosny au nord de la frontière du Turkménistan. Après son installation et celle du satellite suédois PRISMA sur un lanceur DNEPR, le lancement eut lieu suivant la procédure prévue. L'émotion lors de ce baptême de l'espace pour un dispositif original élaboré dans notre laboratoire à l'Observatoire Royal a comblé les auteurs d'une joie mêlée d'une certaine appréhension en face des nouvelles tâches qui devraient ensuite leur incomber. Le suspense durera cependant le temps nécessaire aux diverses manœuvres requises avant l'activation de l'alimentation de chaque instrument. Le premier signal qui a pu être analysé le 28 juin, correspond bien aux attentes (*Fig. 2*). La stabilisation des températures du capteur n'a pris que quelques heures et les niveaux de bruits de fond sont cohérents avec les prévisions.

Cette première impression se confirme et les différents événements qui influenceront notre capteur s'avèrent importants à la fois pour la validation des méthodes métrologiques choisies et pour l'intérêt scientifique du projet.

Aspect général des enregistrements

Lors de la réception des signaux et après avoir éliminé les rares perturbations existantes, la première étape consiste à transformer les données brutes en données physiques. On applique des algorithmes mathématiques caractérisant les fonctions de transfert des deux voies d'enregistrement. Disposant de la température T1 de la face noire de la masse m1 et de la différence de température T12 aux bornes du shunt, on peut établir la valeur de la température T2 du corps principal de masse m2. Lors de la préparation de cet article, les auteurs disposaient d'un enregistrement sur un intervalle de temps de 195 jours dont 96% étaient utilisables (*Fig. 3*).
On peut reconstituer la valeur de l'irradiance captée par le BOS si on détermine le flux circulant dans le shunt ainsi que les flux radiatifs réémis vers l'espace par m1 et m2 à partir de leurs températures T1 et T2. Le modèle théorique utilisé doit tenir compte des coefficients des peintures.
On observe sur le graphique de la figure 3 les différents événements qui vont être traités. Cela permettra de découvrir les spécificités du capteur lorsqu'il opère en orbite.

Enregistrement d'une éclipse solaire

Le premier phénomène particulier sur l'enregistrement du BOS correspond à la traversée à trois reprises de la zone d'ombre de l'éclipse totale de Soleil du 11 juillet 2010 (*Fig. 4*).
L'orbite de PICARD est judicieusement optimale au vu des caractéristiques de cette éclipse (*Fig. 5*). Le premier contact intervient vers 17h50 lorsque PICARD quitte l'Antarctique. Il va traverser la zone de pénombre sans croiser le cercle de totalité. La chute de température aux bornes du shunt correspondant au premier pic est de l'ordre de cinq degrés. Pour la deuxième orbite, on se trouve à 18h41 au nord de l'Europe. Après avoir longé l'Afrique, on survole à nouveau l'Antarctique entre 19h16 et 19h31 tandis que l'ombre de l'éclipse se trouve à une distance maximale. La chute de température est inférieure à un degré! Le troisième passage dans l'ombre s'opère après 20h40 lorsque l'orbite passe à proximité de la fin de la zone de totalité située à l'extrémité de l'Amérique du Sud. Bien qu'inférieur au premier passage, la température diminue cependant de plus de quatre degrés *(Fig. 6)*.
Notons que le signal enregistré peut être analysé en relation étroite avec les orbites de PICARD par rapport aux positions respectives du Soleil et de la Lune.

Enregistrements de pointés stellaires

Les opérations de recette en vol comportent diverses manipulations spécifiques aux contrôles et évaluations d'usage. Les pointages stellaires en font partie. Au cours de ce type d'action, le satellite ne vise plus le Soleil, mais une direction opposée. On dispose ainsi pour le BOS d'une modulation des signaux dont l'amplitude peut être comparée à la valeur en absolu fournie par d'autres instruments. Ceci permet par comparaison de valider les fonctions de transfert caractéristiques du système.

Deux pointages stellaires apparaissent sur les enregistrements respectivement le 6 octobre et le 9 novembre *(Fig. 7)*. Le gradient thermique aux bornes du shunt s'inverse lors de la visée opposée car l'énergie thermique de la masse m2 va se dissiper vers l'espace au travers de m1 *(Fig. 8)*.

Enregistrement des occultations

Le satellite PICARD occupe une orbite inclinée d'environ 8° par rapport à l'axe de rotation de la Terre, avec le passage dans le plan équatorial vers le Nord à environ six heures du matin. De ce fait, son altitude étant de l'ordre de 750 km, des occultations par la Terre apparaissent durant l'hiver lorsque la position du Soleil se trouve sous l'horizon vu depuis le satellite (*Fig. 9, droite*).
Une phase intermédiaire d'environ une semaine est nécessaire avant d'entrer totalement dans l'ombre terrestre (*Fig. 9, gauche*).
Notons que les signaux sont ici exprimés en Watt/m². Le facteur d'échelle est ajusté par un modèle théorique des fonctions de transfert de chacun des éléments intervenant dans la chaîne de mesure. Cette procédure a été validée en laboratoire.

A partir du 15 novembre, PICARD traverse complètement le cône d'ombre de la Terre. L'amplitude des variations devient alors quasi constante avec une légère modulation fonction des irradiances d'origine terrestre *(Fig. 10)*. Cependant la durée des occultations augmente pour atteindre un maximum de vingt minutes au solstice d'hiver ! Ensuite le Soleil se rapproche du plan équatorial et les éclipses diminuent en durée. En février, elles disparaissent avant de recommencer un cycle en fin d'année.

Signaux d'origine terrestre

Une observation des variations des minimums du rayonnement lors des occultations montre des variations significatives qui refléteraient la variabilité des effets d'origine terrestre en absence du rayonnement d'origine solaire *(Fig. 11)*. Par rapport aux valeurs obtenues durant les pointages stellaires, on a environ 80 Watt/m² de différence. Cette valeur doit être normalisée en fonction de divers paramètres tels que les coefficients d'absorption des peintures et les angles de vue de la Terre par rapport à la face avant du BOS.

La séparation en différentes composantes du signal du BOS est complexe (*Fig. 12*). Seule une séparation en bandes spectrales définies pour chaque type de mécanisme permet de les isoler.
Une représentation des valeurs de T1 et T2 reportée sur la surface de la Terre, illustre l'influence des zones survolées (*Fig. 13*).
Une modélisation systématique de chaque effet doit être mise en place avant de pouvoir maîtriser les signaux en phase de routine. Cette tache, qui est en cours, s'avère complexe si on tient compte de la grande dynamique du capteur et de son mode opératoire original.
Divers paramètres tels l'altitude aux dessus des continents peuvent influencer les mesures (*Fig. 14*). Si nous désirons évaluer la nécessité de tenir compte de cet effet, nous devrons modéliser l'impact sur les signaux avant d'envisager d'appliquer une correction théorique de ceux-ci.

Conclusions

Les objectifs principaux de PICARD visent à la fois une meilleure compréhension de l'hélio-physique tout autant que de ses implications sur la climatologie terrestre. Notre contribution consiste à compléter l'observation toutes les dix secondes à très haute résolution des variations de l'irradiation solaire totale (TSI pour Total Solar Irradiance).

Le capteur BOS (Bolometric Oscillation Sensor) se réfère au principe de mesure fondé sur le concept du bolomètre qui consiste à mettre en œuvre des mesures thermométriques modulées par le rayonnement reçu.
La dynamique pour des périodicités de quelques minutes est de l'ordre du million de points de résolution. En principe, si les stabilités des peintures et des thermistances sont acquises, des mesures en absolu de rayonnements seraient envisageables par notre approche.
Leur évolution sous l'effet des rayons UV semble importante dans l'espace. Cela constitue est une des causes des indéterminations.
Par contre, la très grande dynamique du BOS ouvre la voie à l'étude de modes vibratoires divers qui sont à la limite de la détectabilité. Un facteur d'échelle moins précis suffit dans ce type d'enregistrement. Inversement, l'algorithme de traitement des signaux bruts en termes de TSI absolu requiert une comparaison entre les signaux du BOS par exemple et ceux de SOVAP.
L'activité solaire modulée sur une période d'environ onze années est à ce jour en augmentation. La TSI devrait croître durant le temps de vie de PICARD qui est de trois à quatre années. Un des équipements embarqués nommé SODISM (pour Solar Diameter Meter) doit permettre de mesurer avec une précision inégalée le diamètre du disque solaire et ses infimes variations. Cela permettrait d'établir une relation éventuelle entre activité et diamètre moyen.
La clé métrologique à maîtriser pour atteindre cet objectif ambitieux tient entre autres choses à la parfaite connaissance de l'état thermique de SODISM. Le module SOVAP fait partie des différents capteurs complétant cet équipement sophistiqué afin d'atteindre la précision souhaitable.

Remerciements

Tout en réitérant les remerciements présentés lors du premier article, les auteurs souhaitent remercier les personnes qui ont contribué depuis le placement du satellite en orbite, à la maîtrise des situations rencontrées. Cette expérience s'avère passionnante à bien des égards et les relations scientifiques nouées à ce propos nous confirment dans notre idéal de chercheurs. Les supports reçus en particulier des responsables des projets PRODEX nous ont permis de concrétiser nos engagements dès le principe des travaux de conception et de validation du BOS.

Bibliographie

van RUYMBEKE,M., RENDERS, Fr., NOËL, J.Ph., van RUYMBEKE Fr., LOPEZ- MARTINEZ, D. & Zhu Ping,

Mise en orbite d'un bolomètre élaboré à l'Observatoire Royal de Belgique (ORB)
Ciel&Terre Volume 126,n°6 novembre-décembre 2010, pp 173-179

[Espenak & Anderson,2010].Ref NASA éclipse

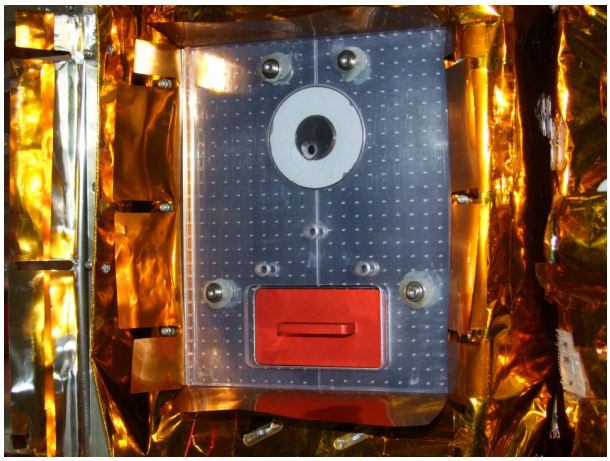

Fig. 1 : Face avant du module SOVAP lors de sa préparation avant le transfert vers Grosny (Russie) pour son installation sur le lanceur prévu pour la satellisation. On notera pour le BOS, la surface absorbante en noir et la surface émissive blanche.

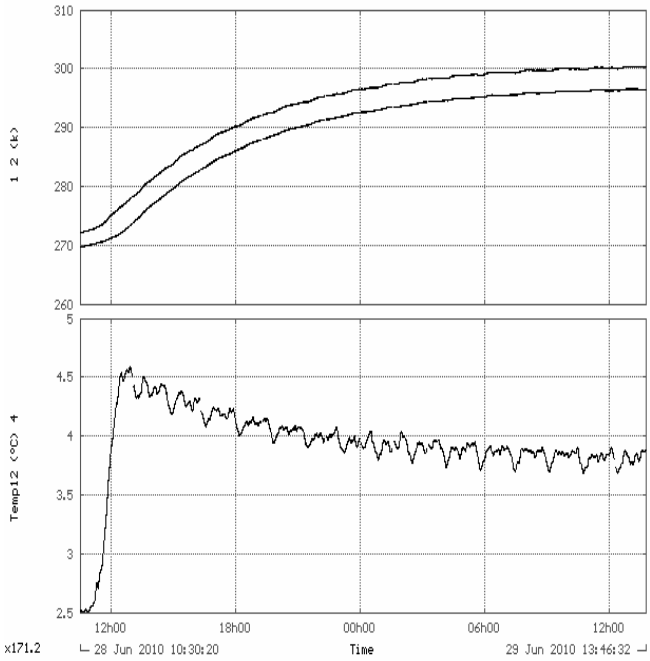

Fig. 2: Premiers signaux bruts obtenus après la mise en route de l'alimentation de SOVAP.

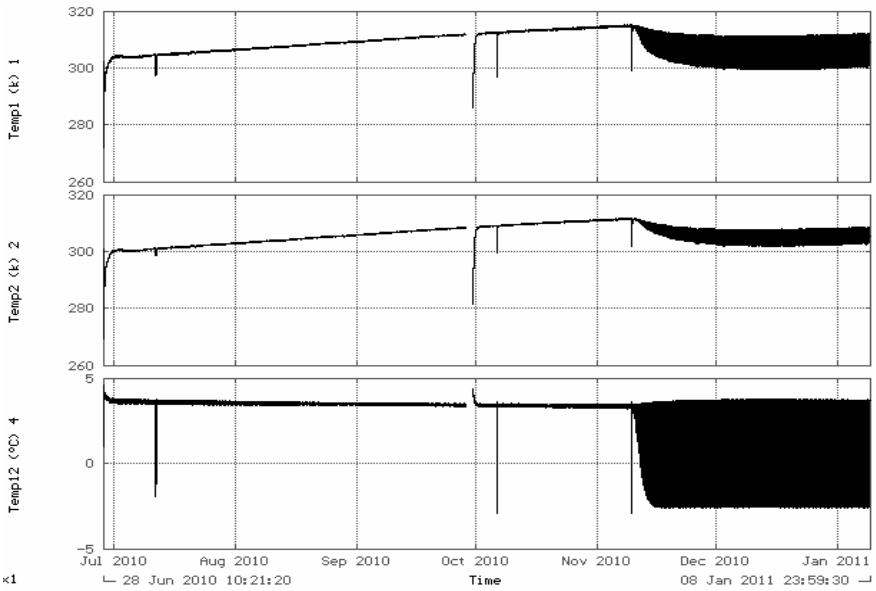

Fig. 3: Transformation des signaux du BOS en variables physiques exprimées en °C. La courbe supérieure correspond à la face absorbante m1 tandis que la courbe du milieu correspond au corps massif m2 dans lequel l'extrémité du shunt diffuse le flux de chaleur qui le parcourt. Sur la courbe du bas, on peut observer l'écart de températures aux extrémités du shunt. On remarque la réjection du mode commun et la seule prise en compte du flux thermique dans le shunt.

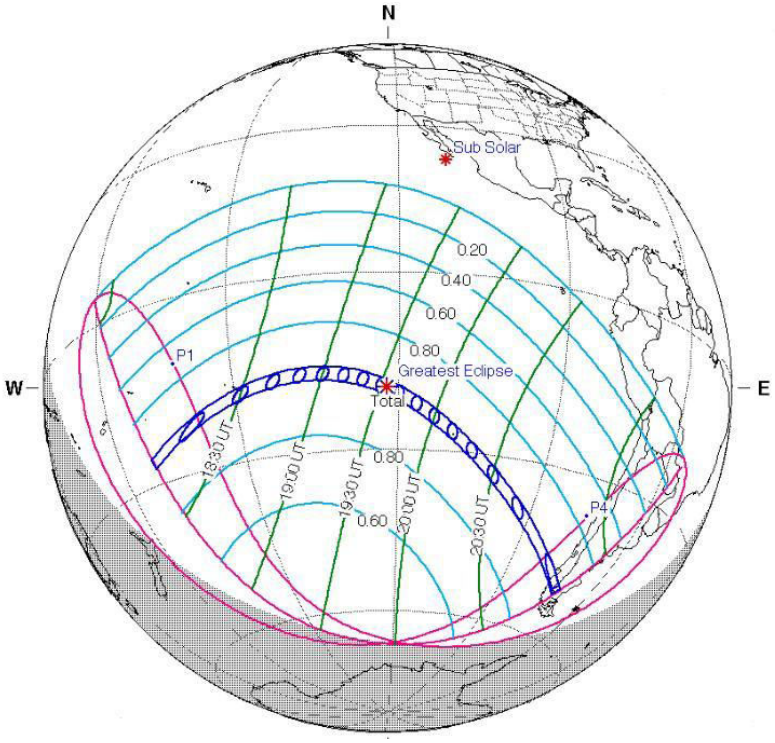

Fig. 4: Projection orthographique des caractéristiques des zones de pénombre et de totalité de l'éclipse totale de Soleil du 11 juillet. [Espenak & Anderson,2010].

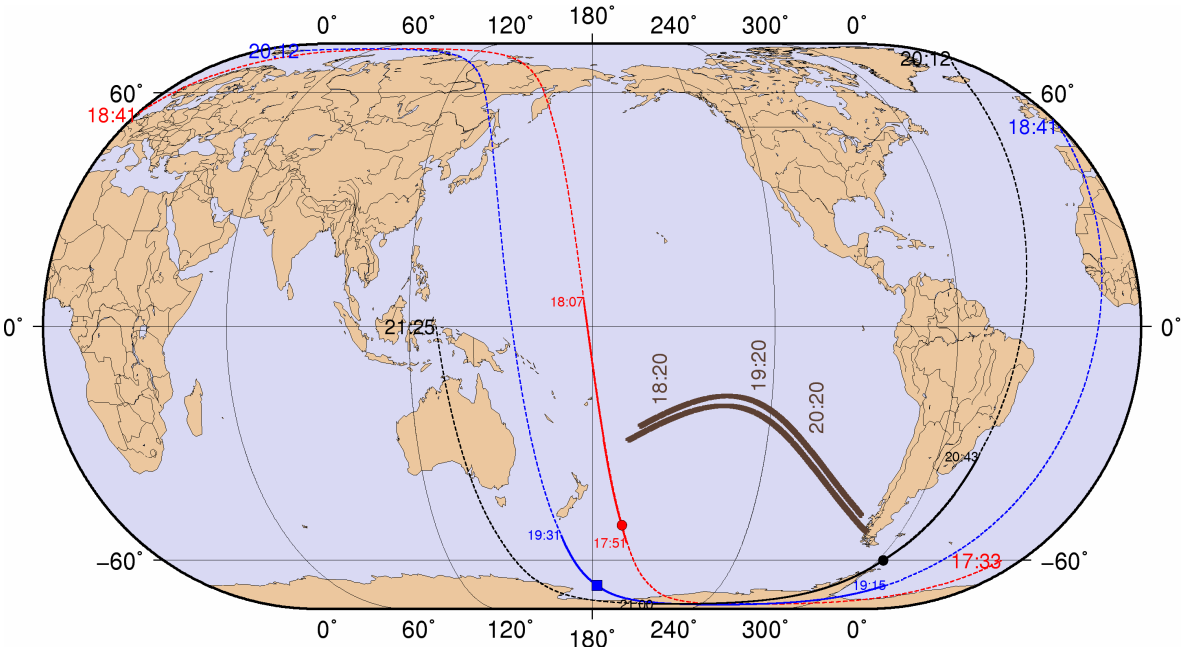

Fig. 5: Projection des trois orbites de PICARD et de la ligne de centralité de l'éclipse totale de Soleil. On observe le déplacement induit par la rotation de la Terre des orbites vers l'ouest.

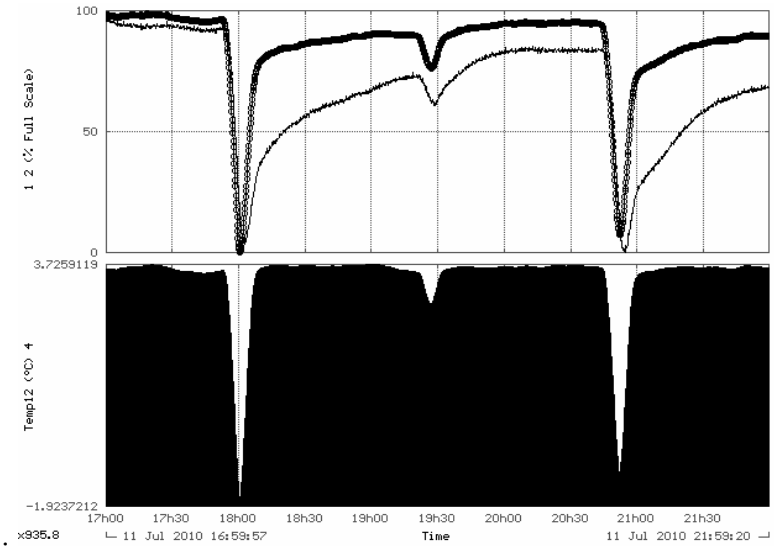

Fig. 6: Enregistrement des signaux du BOS lors du passage dans l'ombre lunaire lors de l'éclipse totale de Soleil du 11 juin 2010. Les courbes du haut montrent les variations des températures T1 et T2 aux bornes du shunt thermique. La courbe du bas présente l'évolution de la différence de température T12 exprimée en degré centigrade.

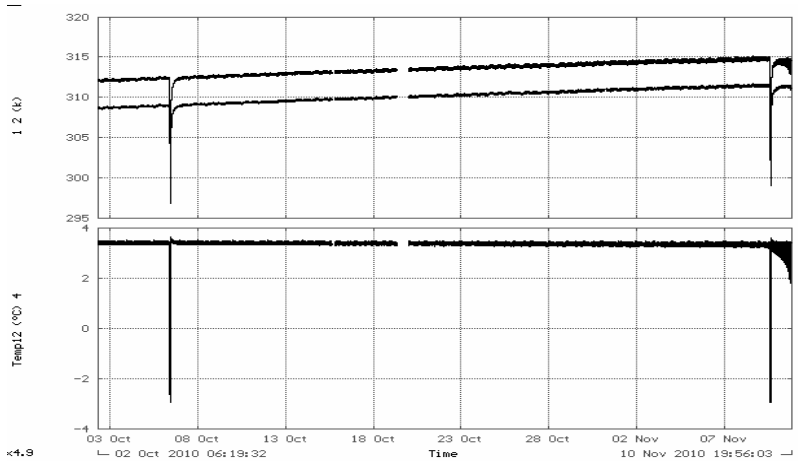

Fig. 7: Enregistrement des signaux du BOS lors de pointages stellaires les 6 octobre et 9 novembre 2010.

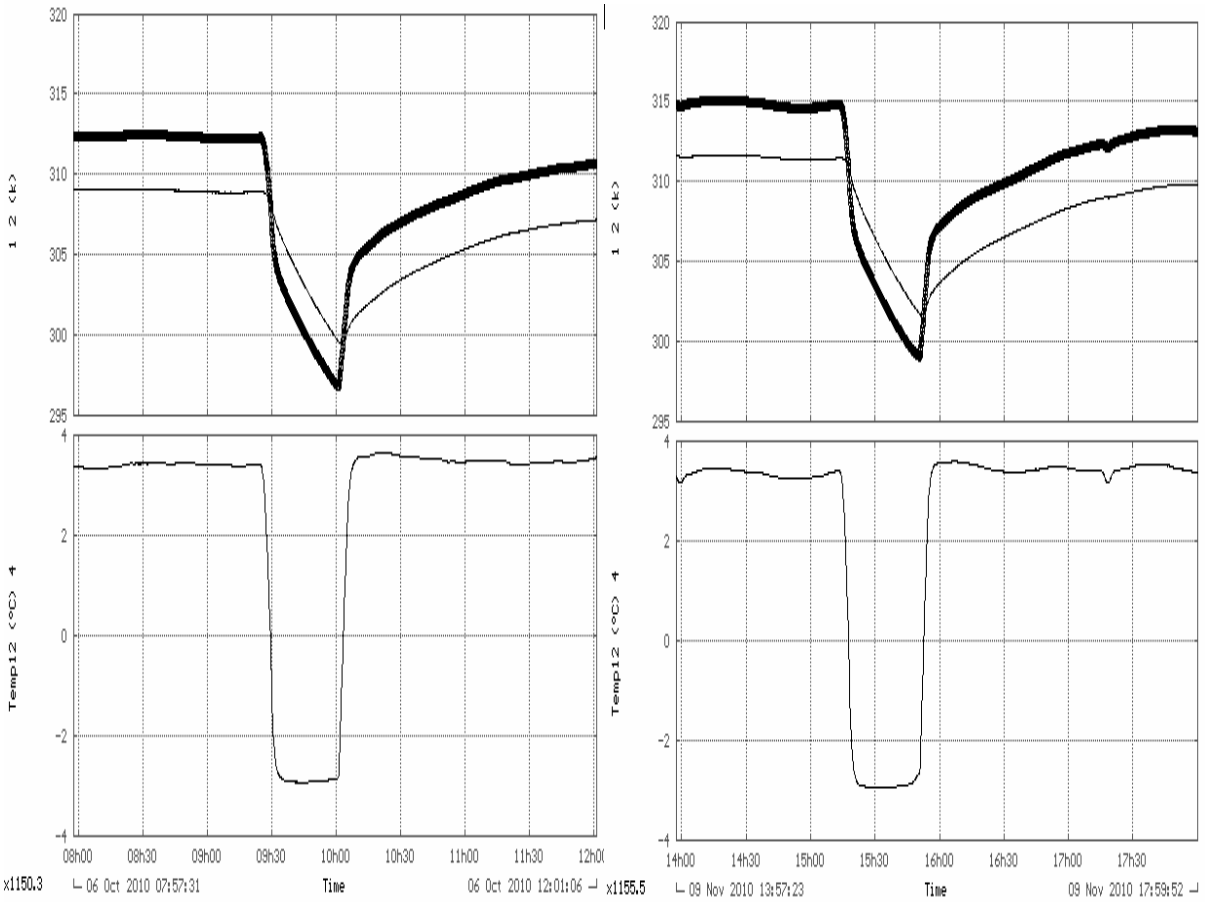

Fig 8: Enregistrement des pointages stellaires par le BOS. Sur les courbes supérieures, le tracé en gras correspond à la température T1 et le tracé fin à la température T2 exprimées en Kelvin. Les graphiques du bas représentent l'évolution du gradient T12 aux bornes du shunt. Les petites variations visibles sur la partie supérieure sont induites par le rayonnement infrarouge et l'albédo terrestre (± 5%).

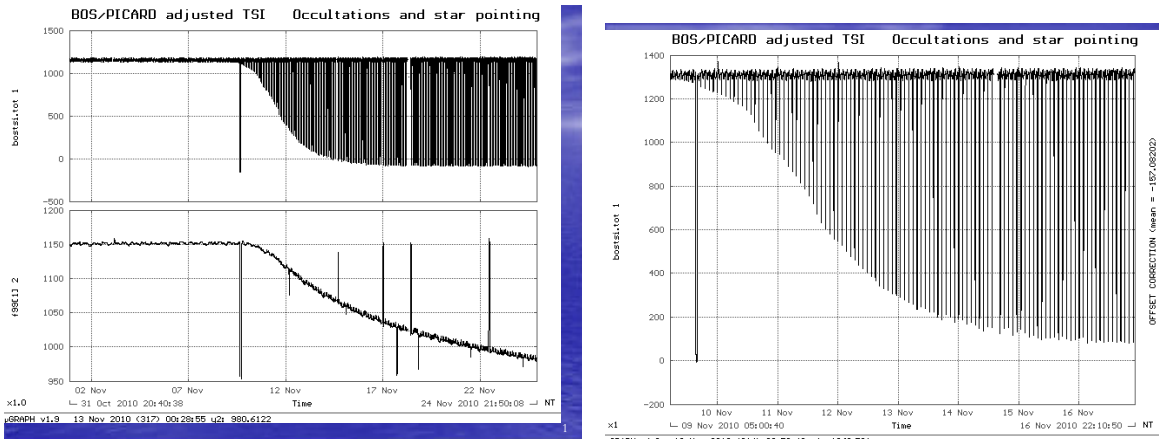

Fig. 9:
(gauche) Après le pointage stellaire, on observe le développement des chutes de température induites dans le shunt par les occultations terrestres.
(droite) Les premières atténuations apparaissent le 9 novembre. Après huit jours, l'amplitude se stabilise légèrement au-dessus de la valeur de 0°C obtenue pendant le pointage stellaire du 9 novembre. Les signaux sont exprimés en Watt/m² en fonction du temps.

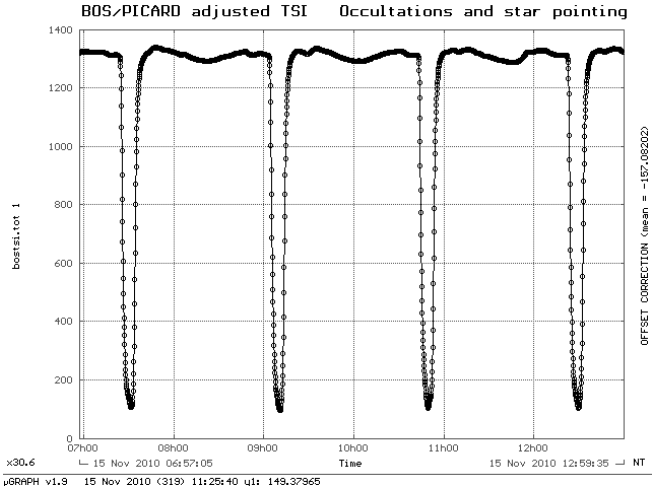

Fig 10: Enregistrement de quelques occultations par le BOS. Les amplitudes sont relativement constantes. Les signaux sont exprimés en Watt/m² en fonction du temps.

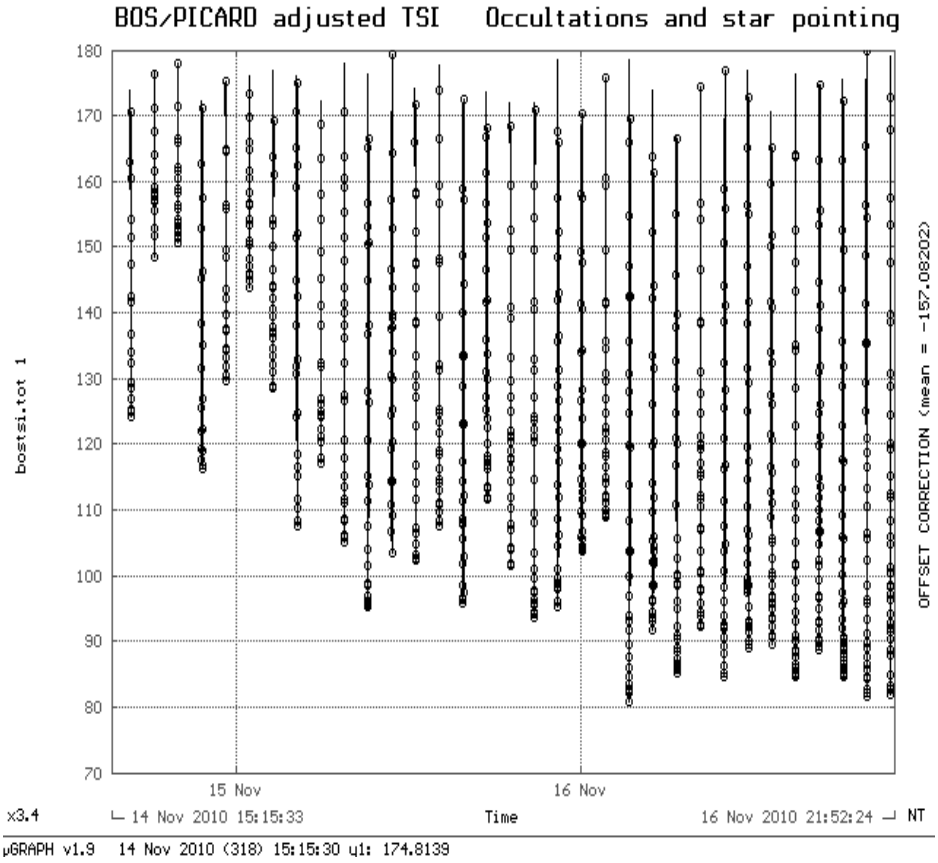

Fig 11: Enregistrement des minimums de l'irradiance enregistrée par le BOS lors des occultations.

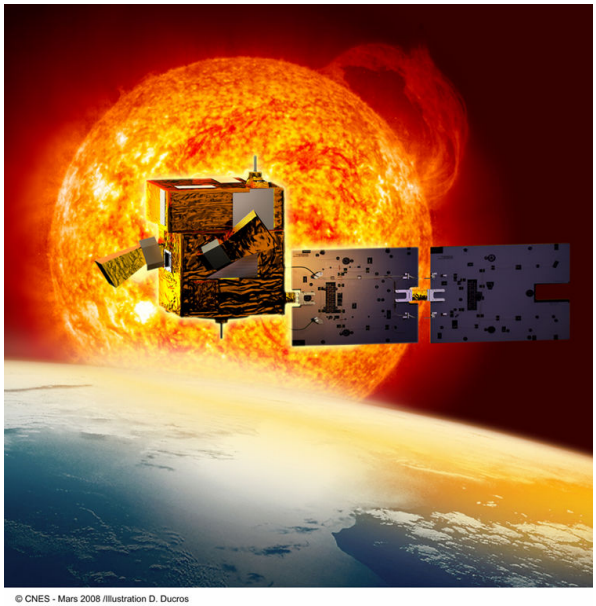

Fig 12 : Caractéristiques orbitales du satellite PICARD. La face avant du satellite reste en permanence perpendiculaire au rayonnement solaire. Le coefficient qui caractérise le rayonnement absorbé est l'irradiation solaire augmentée des rayonnements d'origine terrestre. Ceux-ci dépendent des zones survolées. (Docum.CNES)

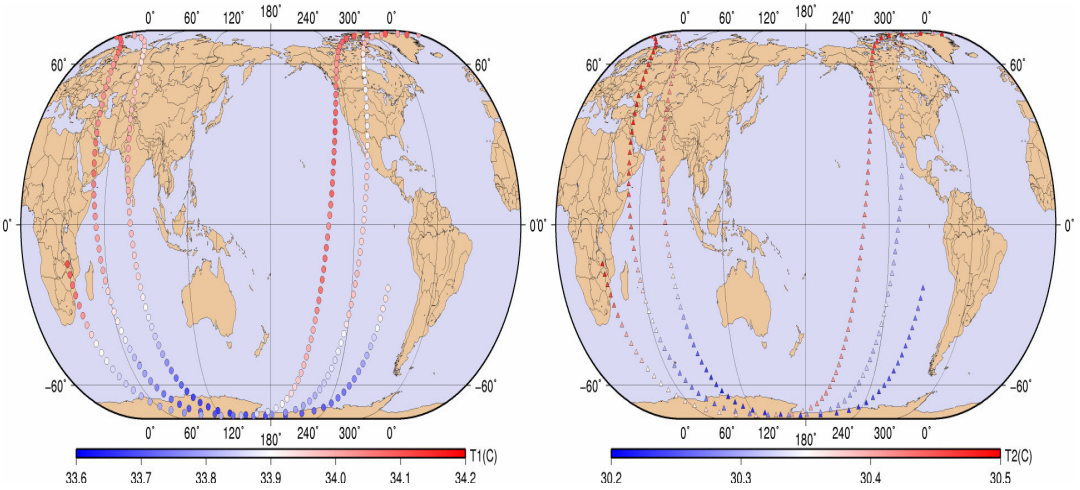

Fig13: Enregistrement des signaux T1 et T2 du BOS rapportés à la zone survolée.

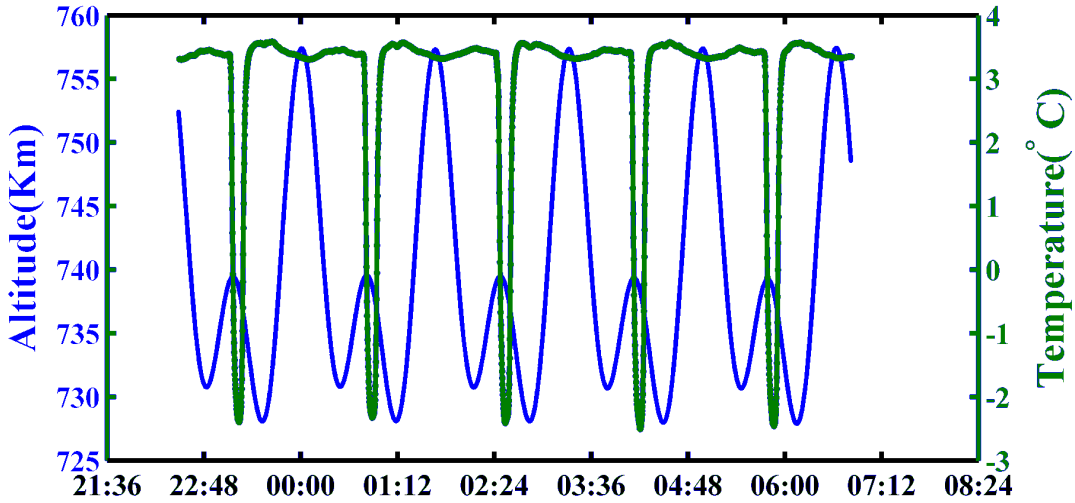

Fig 14: Mise en parallèle du signal T12 et de l'altitude du satellite.

Mise en orbite d'un bolomètre élaboré à l'Observatoire Royal de Belgique (ORB)

2ème partie : Présentation d'observations de divers phénomènes enregistrés en orbite par le BOS

Michel van Ruymbeke, Zhu Ping, Francis Renders & Jean-Philippe Noël.

Résumé: ***L'instrument bolométrique BOS fait partie du module SOVAP embarqué à bord du satellite PICARD. Ce deuxième article illustre ses caractéristiques métrologiques par les enregistrements de divers phénomènes tels que des pointés stellaires, une éclipse de Soleil, des occultations par la Terre, etc. Le lecteur peut ainsi appréhender la spécificité de notre approche instrumentale. Dés que l'état d'avancement des travaux d'analyse le permettront un troisième article sera publié***

Abstract: ***The bolometric part of the SOVAP instrument (SOVAP-BOS) is embarked on the PICARD satellite. This second paper introduces metrological patterns of the BOS with signals obtained for different events like star pointing, solar eclipse, and occultation by Earth, etc. When results of data analysis will justify it, a third paper will be published.***

Objectifs de cet article

Cet article aborde l'illustration des aspects métrologiques du BOS en orbite. Rappelons que le dispositif est conçu pour l'observation des variations des rayonnements absorbés par sa face avant *(Fig. 1)*. Ceux-ci comportent principalement l'irradiance solaire combinée aux effets entre autres liés à la présence de la Terre (±5% pour l'albédo et le rayonnement infrarouge).

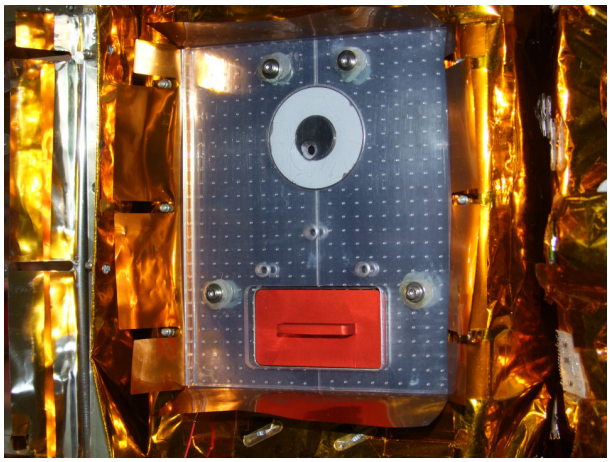

Fig. 1 : Face avant du module SOVAP lors de sa préparation avant le transfert vers Grosny (Russie) pour son installation sur le lanceur prévu pour la satellisation. On notera pour le BOS, la surface absorbante en noir et la surface émissive blanche.

La mise en orbite de PICARD le 15 juin 2010 a été assumée par une équipe russe opérant sur la base de Grosny au nord de la frontière du Turkménistan. Après son installation et celle du satellite suédois PRISMA sur un lanceur DNEPR, le lancement eut lieu suivant la procédure prévue. L'émotion lors de ce baptême de l'espace pour un dispositif original élaboré dans notre laboratoire à l'Observatoire Royal a comblé les auteurs d'une joie mêlée d'une certaine appréhension en face des nouvelles tâches qui devraient ensuite leur incomber. Le suspense durera cependant le temps nécessaire aux diverses manœuvres requises avant l'activation de l'alimentation de chaque instrument. Le premier signal qui a pu être analysé le 28 juin, correspond bien aux attentes (*Fig. 2*). La stabilisation des températures du capteur n'a pris que quelques heures et les niveaux de bruits de fond sont cohérents avec les prévisions.

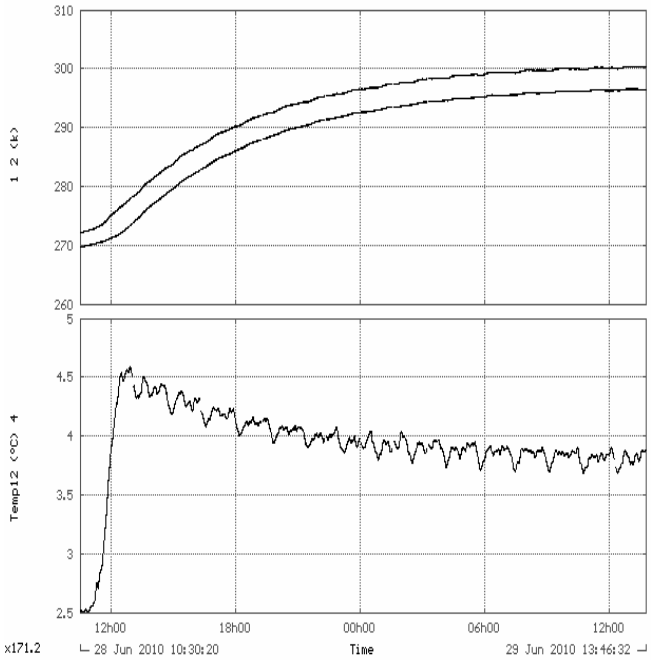

Fig. 2: Premiers signaux bruts obtenus après la mise en route de l'alimentation de SOVAP.

Cette première impression se confirme et les différents événements qui influenceront notre capteur s'avèrent importants à la fois pour la validation des méthodes métrologiques choisies et pour l'intérêt scientifique du projet.

Aspect général des enregistrements

Lors de la réception des signaux et après avoir éliminé les rares perturbations existantes, la première étape consiste à transformer les données brutes en données physiques. On applique des algorithmes mathématiques caractérisant les fonctions de transfert des deux voies d'enregistrement. Disposant de la température T1 de la face noire de la masse m1 et de la différence de température T12 aux bornes du shunt, on peut établir la valeur de la température T2 du corps principal de masse m2. Lors de la préparation de cet article, les auteurs disposaient d'un enregistrement sur un intervalle de temps de 195 jours dont 96% étaient utilisables (*Fig. 3*).
On peut reconstituer la valeur de l'irradiance captée par le BOS si on détermine le flux circulant dans le shunt ainsi que les flux radiatifs réémis vers l'espace par m1 et m2 à partir de leurs températures T1 et T2. Le modèle théorique utilisé doit tenir compte des coefficients des peintures.

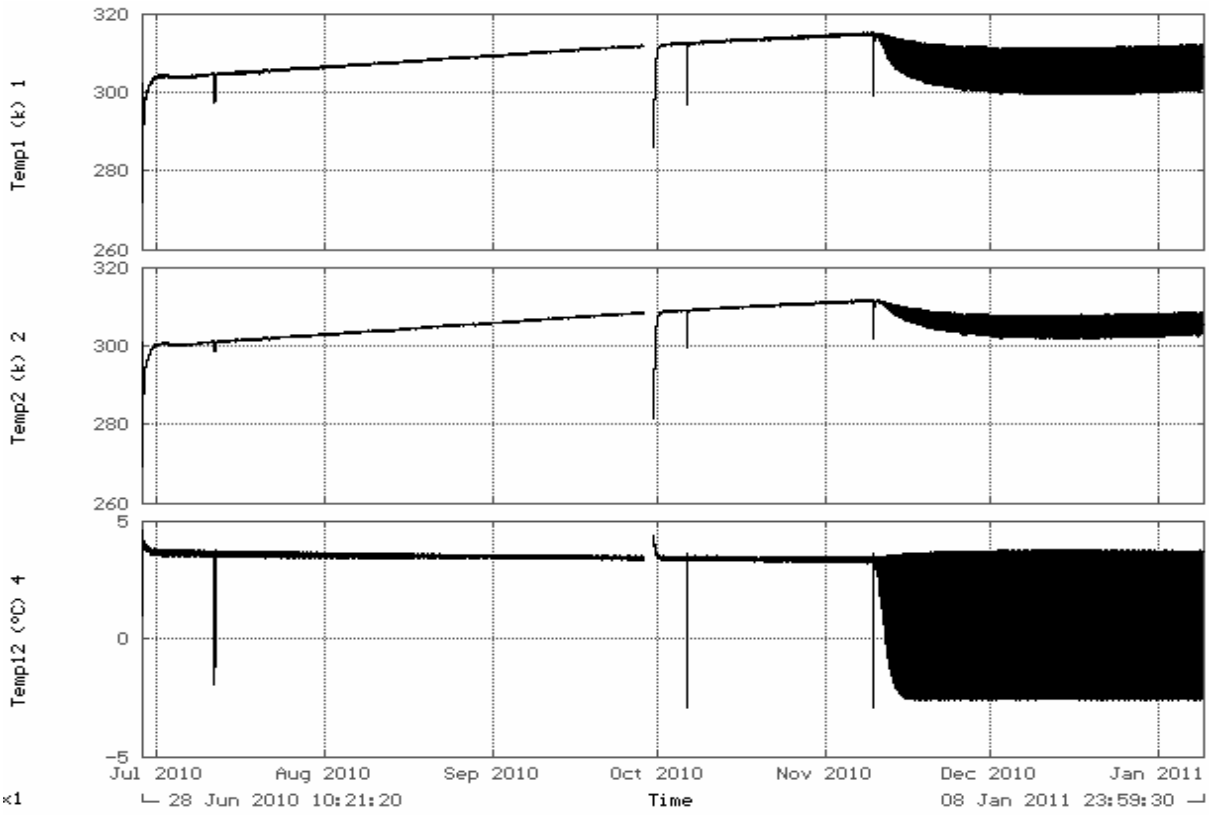

Fig. 3: Transformation des signaux du BOS en variables physiques exprimées en °C. La courbe supérieure correspond à la face absorbante m1 tandis que la courbe du milieu correspond au corps massif m2 dans lequel l'extrémité du shunt diffuse le flux de chaleur qui le parcourt. Sur la courbe du bas, on peut observer l'écart de températures aux extrémités du shunt. On remarque la réjection du mode commun et la seule prise en compte du flux thermique dans le shunt.

On observe sur le graphique de la figure 3 les différents événements qui vont être traités. Cela permettra de découvrir les spécificités du capteur lorsqu'il opère en orbite.

Enregistrement d'une éclipse solaire

Le premier phénomène particulier sur l'enregistrement du BOS correspond à la traversée à trois reprises de la zone d'ombre de l'éclipse totale de Soleil du 11 juillet 2010 (*Fig. 4*).
L'orbite de PICARD est judicieusement optimale au vu des caractéristiques de cette éclipse (*Fig. 5*). Le premier contact intervient vers 17h50 lorsque PICARD quitte l'Antarctique. Il va traverser la zone de pénombre sans croiser le cercle de totalité. La chute de température aux bornes du shunt correspondant au premier pic est de l'ordre de cinq degrés. Pour la deuxième orbite, on se trouve à 18h41 au nord de l'Europe. Après avoir longé l'Afrique, on survole à nouveau l'Antarctique entre 19h16 et 19h31 tandis que l'ombre de l'éclipse se trouve à une distance maximale. La chute de température est inférieure à un degré! Le troisième passage dans l'ombre s'opère après 20h40 lorsque l'orbite passe à proximité de la fin de la zone de totalité située à l'extrémité de l'Amérique du Sud. Bien qu'inférieur au premier passage, la température diminue cependant de plus de quatre degrés (*Fig. 6*).

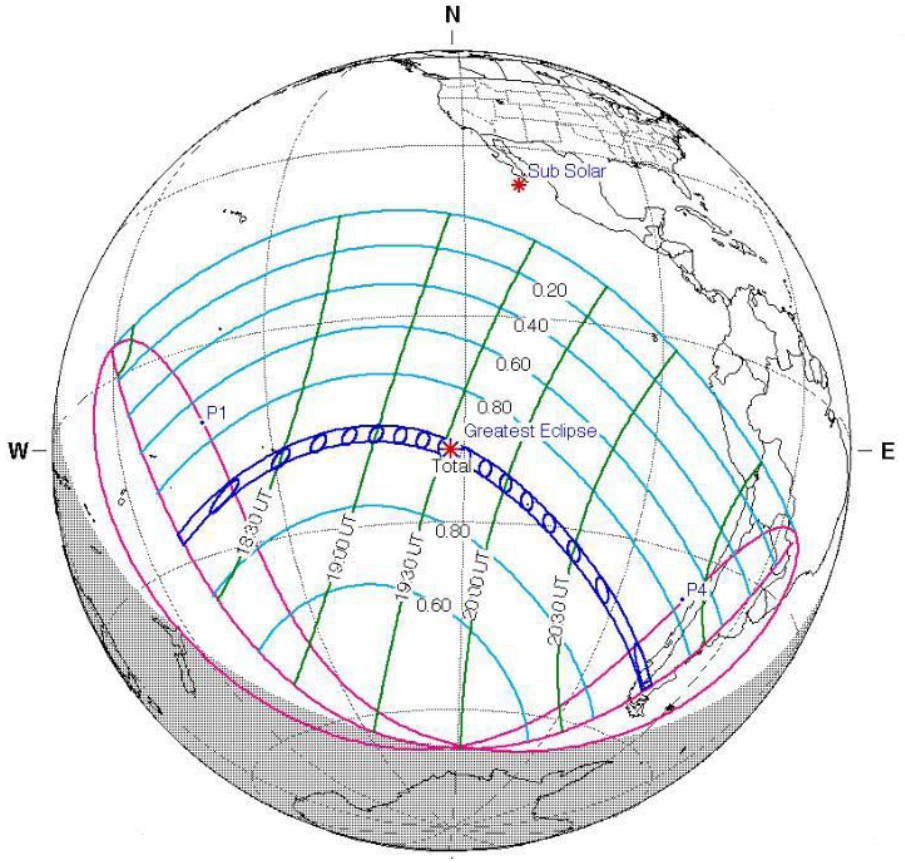

Fig. 4: Projection orthographique des caractéristiques des zones de pénombre et de totalité de l'éclipse totale de Soleil du 11 juillet. [Espenak & Anderson,2010].

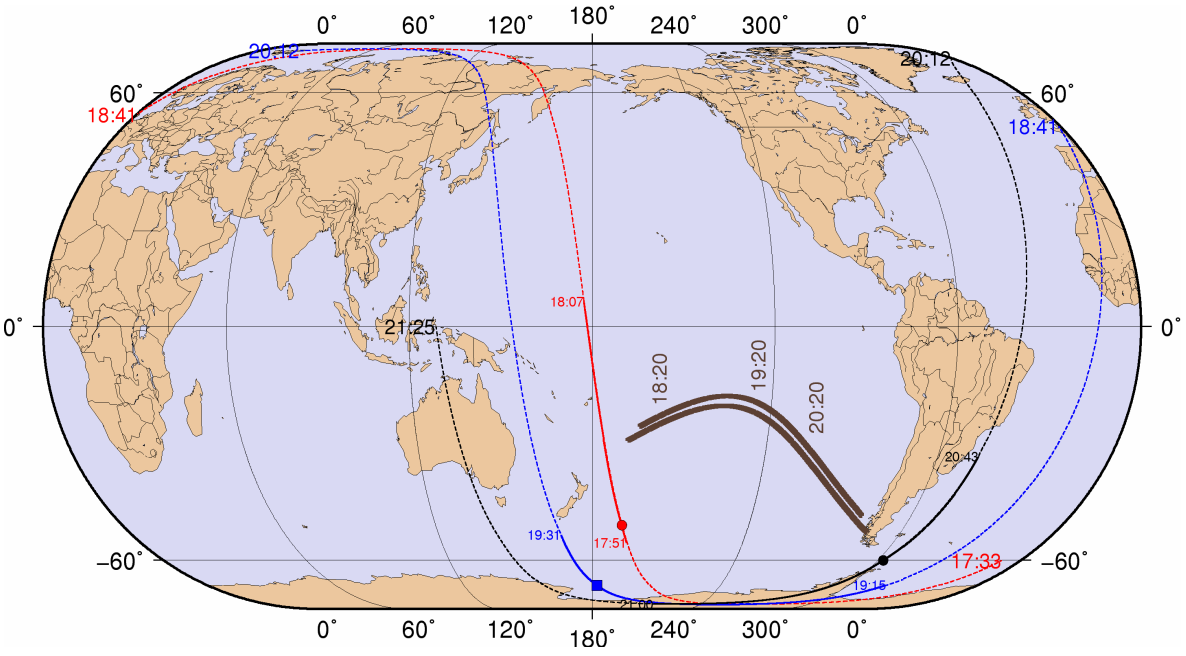

Fig. 5: Projection des trois orbites de PICARD et de la ligne de centralité de l'éclipse totale de Soleil. On observe le déplacement induit par la rotation de la Terre des orbites vers l'ouest.

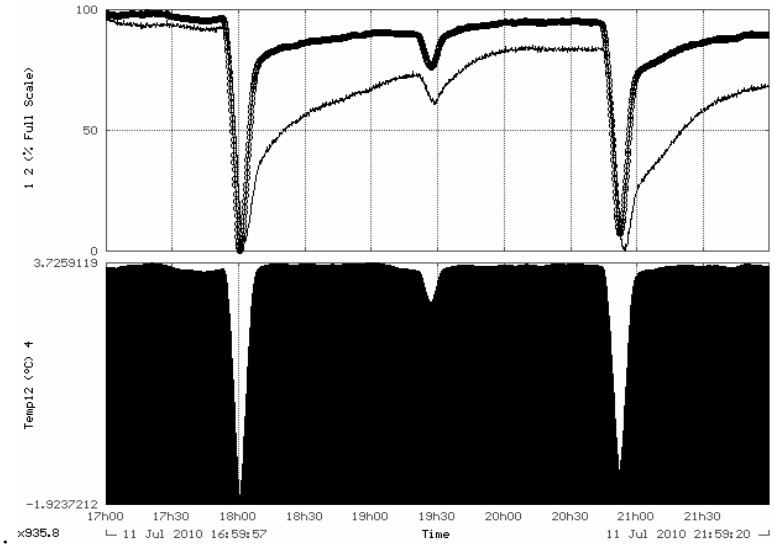

Fig. 6: Enregistrement des signaux du BOS lors du passage dans l'ombre lunaire lors de l'éclipse totale de Soleil du 11 juin 2010. Les courbes du haut montrent les variations des températures T1 et T2 aux bornes du shunt thermique. La courbe du bas présente l'évolution de la différence de température T12 exprimée en degré centigrade.

Notons que le signal enregistré peut être analysé en relation étroite avec les orbites de PICARD par rapport aux positions respectives du Soleil et de la Lune.

Enregistrements de pointés stellaires

Les opérations de recette en vol comportent diverses manipulations spécifiques aux contrôles et évaluations d'usage. Les pointages stellaires en font partie. Au cours de ce type d'action, le satellite ne vise plus le Soleil, mais une direction opposée. On dispose ainsi pour le BOS d'une modulation des signaux dont l'amplitude peut être comparée à la valeur en absolu fournie par d'autres instruments. Ceci permet par comparaison de valider les fonctions de transfert caractéristiques du système.

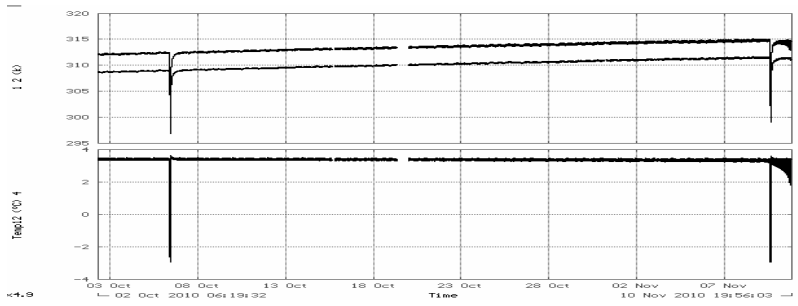

Fig. 7: Enregistrement des signaux du BOS lors de pointages stellaires les 6 octobre et 9 novembre 2010.

Deux pointages stellaires apparaissent sur les enregistrements respectivement le 6 octobre et le 9 novembre *(Fig. 7)*. Le gradient thermique aux bornes du shunt s'inverse lors de la visée opposée car l'énergie thermique de la masse m2 va se dissiper vers l'espace au travers de m1 *(Fig. 8)*.

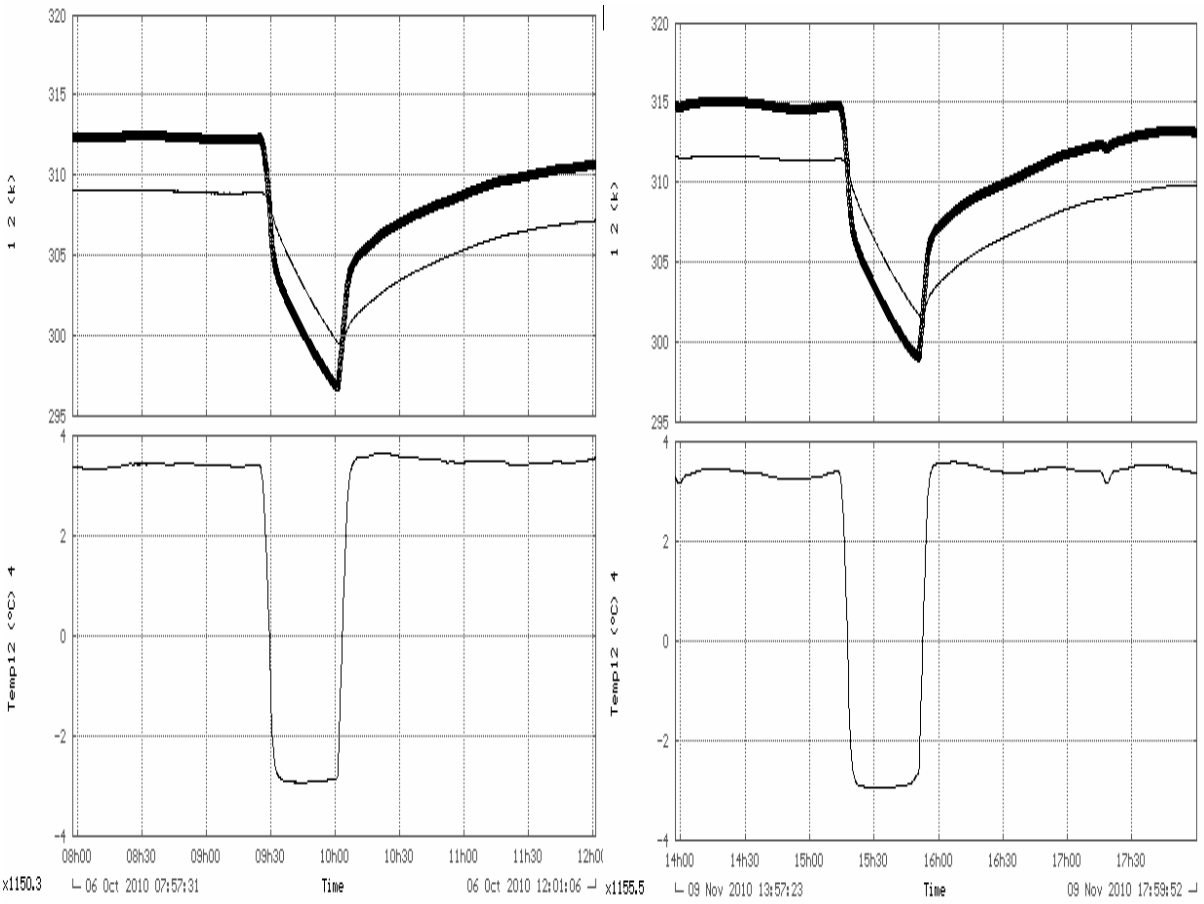

Fig 8: Enregistrement des pointages stellaires par le BOS. Sur les courbes supérieures, le tracé en gras correspond à la température T1 et le tracé fin à la température T2 exprimées en Kelvin. Les graphiques du bas représentent l'évolution du gradient T12 aux bornes du shunt. Les petites variations visibles sur la partie supérieure sont induites par le rayonnement infrarouge et l'albédo terrestre (± 5%).

Enregistrement des occultations

Le satellite PICARD occupe une orbite inclinée d'environ 8° par rapport à l'axe de rotation de la Terre, avec le passage dans le plan équatorial vers le Nord à environ six heure du matin. De ce fait, son altitude étant de l'ordre de 750 km, des occultations par la Terre apparaissent durant l'hiver lorsque la position du Soleil se trouve sous l'horizon vu depuis le satellite (*Fig. 9, droite*).

Une phase intermédiaire d'environ une semaine est nécessaire avant d'entrer totalement dans l'ombre terrestre (*Fig. 9, gauche*).

Notons que les signaux sont ici exprimés en Watt/m². Le facteur d'échelle est ajusté par un modèle théorique des fonctions de transfert de chacun des éléments intervenant dans la chaîne de mesure. Cette procédure a été validée en laboratoire.

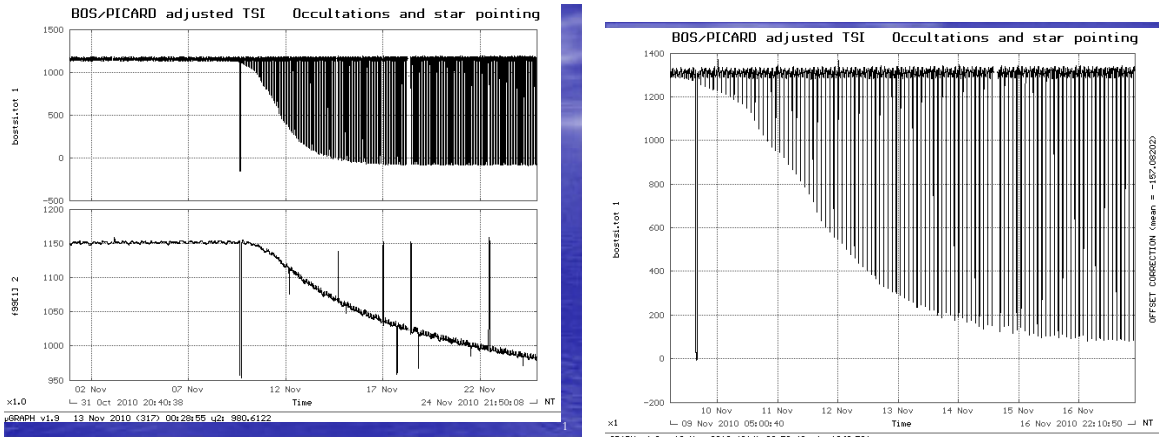

Fig. 9: (gauche) Après le pointage stellaire, on observe le développement des chutes de température induites dans le shunt par les occultations terrestres.
(droite) Les premières atténuations apparaissent le 9 novembre. Après huit jours, l'amplitude se stabilise légèrement au-dessus de la valeur de 0°C obtenue pendant le pointage stellaire du 9 novembre. Les signaux sont exprimés en Watt/m² en fonction du temps.

A partir du 15 novembre, PICARD traverse complètement le cône d'ombre de la Terre. L'amplitude des variations devient alors quasi constante avec une légère modulation fonction des irradiances d'origine terrestre *(Fig 10)*. Cependant la durée des occultations augmente pour atteindre un maximum de vingt minutes au solstice d'hiver ! Ensuite le Soleil se rapproche du plan équatorial et les éclipses diminuent en durée. En février, elles disparaissent avant de recommencer un cycle en fin d'année.

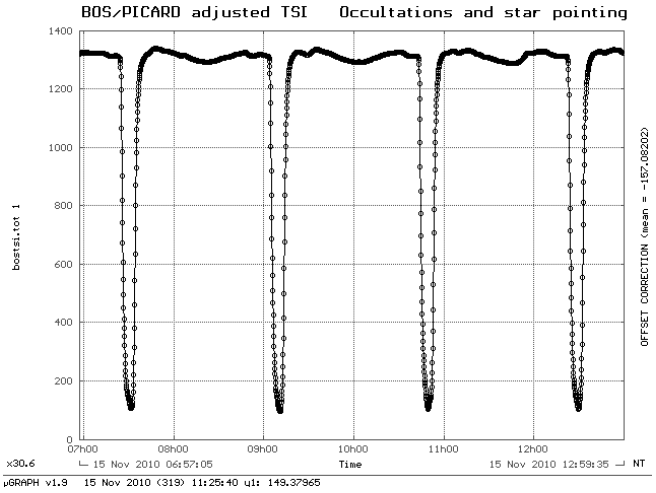

Fig 10: Enregistrement de quelques occultations par le BOS. Les amplitudes sont relativement constantes. Les signaux sont exprimés en Watt/m² en fonction du temps.

Signaux d'origine terrestre

Une observation des variations des minimums du rayonnement lors des occultations montre des variations significatives qui refléteraient la variabilité des effets d'origine terrestre en absence du rayonnement d'origine solaire *(Fig. 11)*. Par rapport aux valeurs obtenues durant les pointages stellaires, on a environ 80 Watt/m² de différence. Cette valeur doit être normalisée en fonction de divers paramètres tels que les coefficients d'absorption des peintures et les angles de vue de la Terre par rapport à la face avant du BOS.

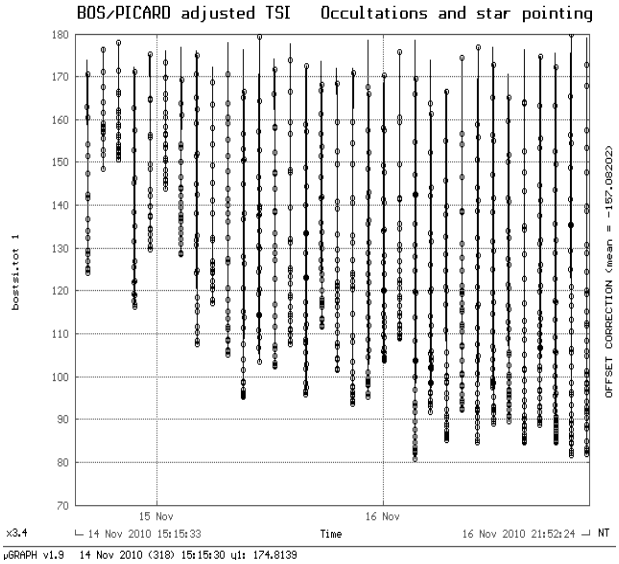

Fig 11: Enregistrement des minimums de l'irradiance enregistrée par le BOS lors des occultations.

La séparation en différentes composantes du signal du BOS est complexe (*Fig. 12*). Seule une séparation en bandes spectrales définies pour chaque type de mécanisme permet de les isoler.

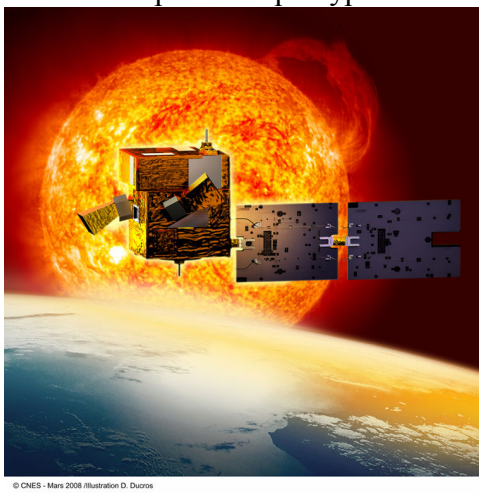

Fig 12 : Caractéristiques orbitales du satellite PICARD. La face avant du satellite reste en permanence perpendiculaire au rayonnement solaire. Le coefficient qui caractérise le rayonnement absorbé est l'irradiation solaire augmentée des rayonnements d'origine terrestre. Ceux-ci dépendent des zones survolées.

Une représentation des valeurs de T1 et T2 reportée sur la surface de la Terre, illustre l'influence des zones survolées (*Fig. 13*).

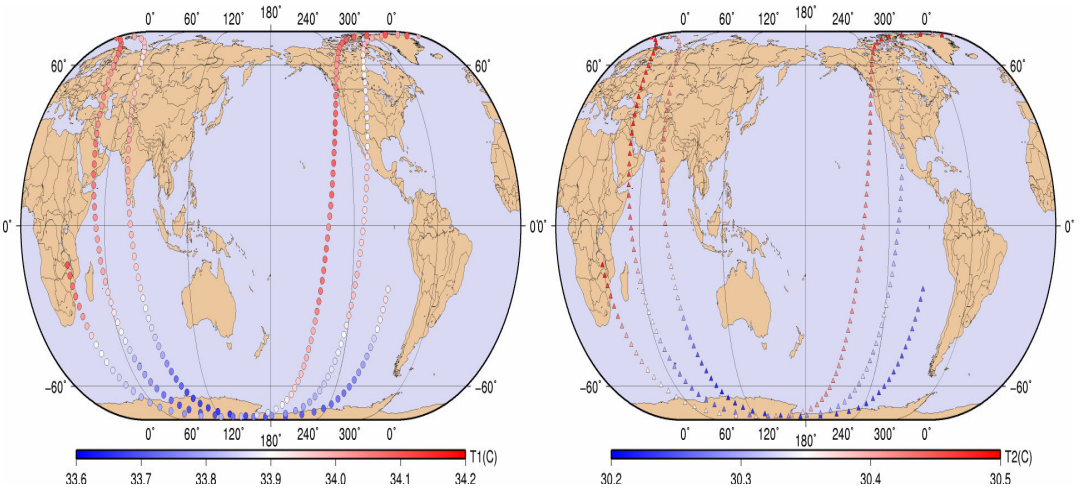

Fig13: Enregistrement des signaux T1 et T2 du BOS rapportés à la zone survolée.

Une modélisation systématique de chaque effet doit être mise en place avant de pouvoir maîtriser les signaux en phase de routine. Cette tache, qui est en cours, s'avère complexe si on tient compte de la grande dynamique du capteur et de son mode opératoire original.
Divers paramètres tels l'altitude aux dessus des continents peuvent influencer les mesures (*Fig. 14*). Si nous désirons évaluer la nécessité de tenir compte de cet effet, nous devrons modéliser l'impact sur les signaux avant d'envisager d'appliquer une correction théorique de ceux-ci.

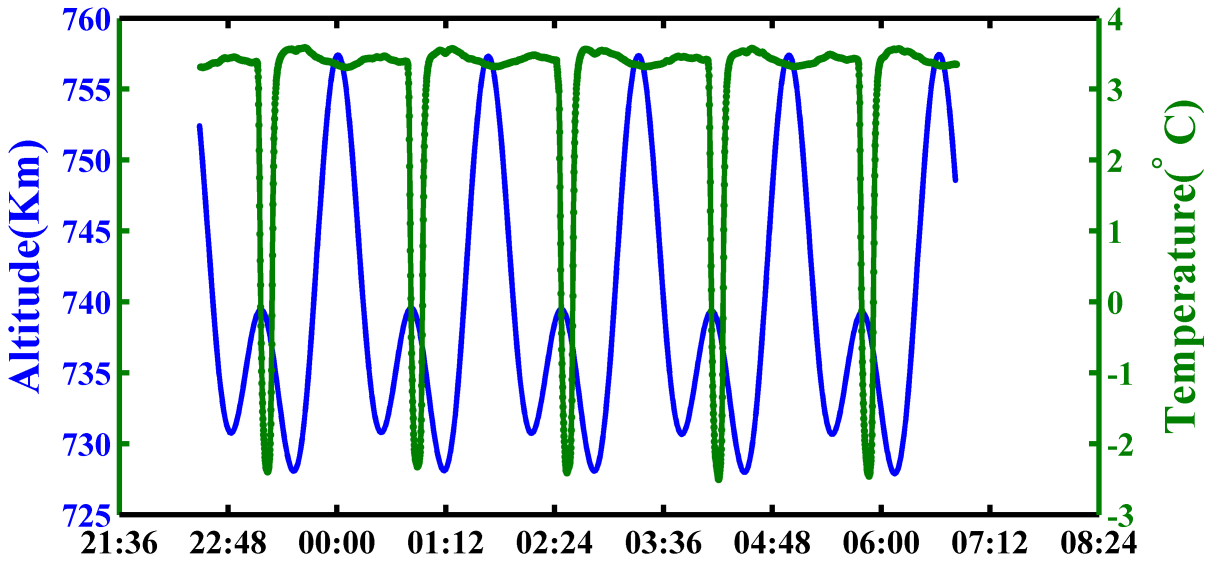

Fig 14: Mise en parallèle du signal T12 et de l'altitude du satellite.

Conclusions

Les objectifs principaux de PICARD visent à la fois une meilleure compréhension de l'héliophysique tout autant que de ses implications sur la climatologie terrestre. Notre contribution consiste à compléter l'observation toutes les dix secondes à très haute résolution des variations de l'irradiation solaire totale (TSI pour Total Solar Irradiance).
Le capteur BOS (Bolometric Oscillation Sensor) se réfère au principe de mesure fondé sur le concept du bolomètre qui consiste à mettre en œuvre des mesures thermométriques modulées par le rayonnement reçu.
La dynamique pour des périodicités de quelques minutes est de l'ordre du million de points de résolution. En principe, si les stabilités des peintures et des thermistances sont acquises, des mesures en absolu de rayonnements seraient envisageables par notre approche.
Leur évolution sous l'effet des rayons UV semble importante dans l'espace. Cela constitue est une des causes des indéterminations.
Par contre, la très grande dynamique du BOS ouvre la voie à l'étude de modes vibratoires divers qui sont à la limite de la détectabilité. Un facteur d'échelle moins précis suffit dans ce type d'enregistrement. Inversement, l'algorithme de traitement des signaux bruts en termes de TSI absolu requiert une comparaison entre les signaux du BOS par exemple et ceux de SOVAP.
L'activité solaire modulée sur une période d'environ onze années est à ce jour en augmentation. La TSI devrait croître durant le temps de vie de PICARD qui est de trois à quatre années. Un des équipements embarqués nommé SODISM (pour Solar Diameter Meter) doit permettre de mesurer avec une précision inégalée le diamètre du disque solaire et ses infimes variations. Cela permettrait d'établir une relation éventuelle entre activité et diamètre moyen.
La clé métrologique à maîtriser pour atteindre cet objectif ambitieux tient entre autres choses à la parfaite connaissance de l'état thermique de SODISM. Le module SOVAP fait partie des différents capteurs complétant cet équipement sophistiqué afin d'atteindre la précision souhaitable.

Remerciements

Tout en réitérant les remerciements présentés lors du premier article, les auteurs souhaitent remercier les personnes qui ont contribué depuis le placement du satellite en orbite, à la maîtrise des situations rencontrées. Cette expérience s'avère passionnante à bien des égards et les relations scientifiques nouées à ce propos nous confirment dans notre idéal de chercheurs. Les supports reçus en particulier des responsables des projets PRODEX nous ont permis de concrétiser nos engagements dès le principe des travaux de conception et de validation du BOS.

Bibliographie

van RUYMBEKE,M., RENDERS, Fr., NOËL, J.Ph., van RUYMBEKE Fr., LOPEZ- MARTINEZ, D. & Zhu Ping,

Mise en orbite d'un bolomètre élaboré à l'Observatoire Royal de Belgique (ORB)
Ciel&Terre Volume 126,n°6 novembre-décembre 2010, pp 173-179

[Espenak & Anderson,2010].Ref NASA éclipse