



Etude de cas – InSight #1

Effet du bouclier thermique et éolien sur le signal enregistré par SEIS

Contexte de l'activité :



Crédit image : NASA/JPL-Caltech

Le 2 février 2019, 33^e jour julien soit 66 jours martiens après l'atterrissage (sol 66), le sismomètre déjà posé au sol reçoit son bouclier protecteur.

Le bouclier anti-vent et thermique a pour objectif de protéger l'instrument des secousses dues au passage du vent, ce qui peut ajouter du "bruit" à ses données. La forme aérodynamique du dôme fait que le vent le maintient bien au sol, assurant ainsi qu'il ne se retournera pas.

Une jupe en cote de mailles et des couvertures thermiques encerclent au mieux le sismomètre SEIS.

Sur la plaine Elysium, là où InSight s'est posé, les températures fluctuent d'environ 170 degrés Fahrenheit (94 degrés Celsius) au cours d'une journée martienne.

Une préoccupation encore plus grande pour le sismomètre SEIS (Seismic Experience for Internal Structures) est donc le changement de température, qui peut dilater et contracter les ressorts métalliques et autres pièces à l'intérieur du sismomètre.

"Pensez au bouclier comme si vous mettiez un couvercle sur votre nourriture sur une table. Il empêche le SEIS de se réchauffer trop pendant la journée ou de se refroidir trop pendant la nuit. En général, nous voulons maintenir la température aussi stable que possible." Bruce Banerdt, chercheur principal d'InSight au Jet Propulsion Laboratory de la NASA à Pasadena, en Californie

Sur Terre, les sismomètres sont souvent enfouis à environ 1,2 mètre (quatre pieds) sous terre dans des voûtes, ce qui permet de maintenir la température stable. InSight ne peut pas construire un tel abri sur Mars, le bouclier est donc la première ligne de défense.

Une deuxième ligne de défense est le SEIS lui-même, qui est spécialement conçu pour corriger les variations de température sauvages sur la surface martienne. Le sismomètre a été construit de manière à ce que certaines parties se dilatent et se contractent, tandis que d'autres le font dans la direction opposée pour compenser partiellement ces effets. De plus, l'instrument est scellé sous vide dans une sphère en titane qui isole son intérieur sensible et réduit l'influence de la température.

Mais même cela ne suffit pas. La sphère est enfermée à l'intérieur d'un autre conteneur isolant - une boîte hexagonale de couleur cuivre visible pendant le déploiement du SEIS. Les parois de cette boîte sont alvéolées avec des cellules qui retiennent l'air et l'empêchent de bouger. Mars fournit un excellent gaz pour cette isolation : Son atmosphère mince est principalement composée de dioxyde de carbone qui, à basse pression, est particulièrement lent à conduire la chaleur.

Grâce à ces trois barrières isolantes, SEIS est bien protégé contre le "bruit" thermique qui s'infiltrerait dans les données et masque les ondes sismiques que l'équipe InSight veut étudier.

Objectif de l'activité :

On veut détecter, à travers les données enregistrées durant cette période, si le bouclier a un effet, et si oui ... quel effet sur le bruit visible sur les enregistrements.

On cherche à récupérer le signal durant la période du 30 janvier 2019 au 4 février 2019 soit une période de 6 jours au milieu de laquelle le bouclier a été déployé avec succès. On s'intéresse au bruit enregistré par SEIS, mais aussi à l'évolution de la température externe, la température sous le bouclier enregistrés par des capteurs thermiques, On peut aussi s'intéresser à la vitesse du vent et à la pression enregistrées par des anémomètres et un baromètre situés sur le lander.

Déroulement de l'activité :

1/ Récupération des données sur le portail insight-éducation (<https://insight.oca.eu>) :

Data > Etude de cas > Pose du bouclier

Les données sont en miniseed (à lire avec SeisGram2K) et en csv (à lire avec tableur)

Dénomination des capteurs ::

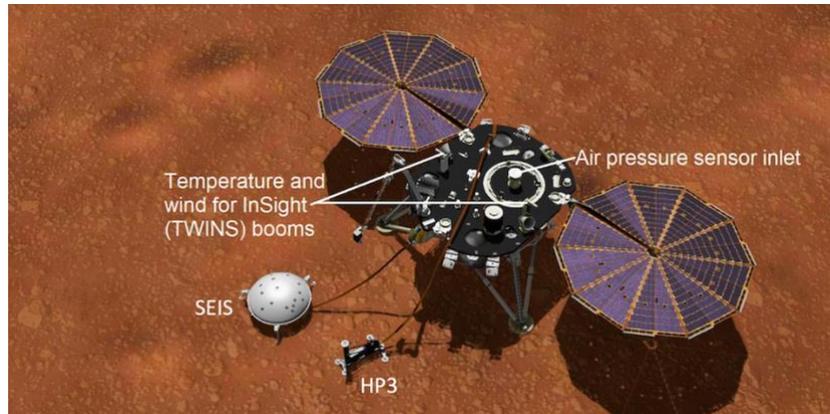
XB.ELYSE :MHV.67 > sismogramme de SEIS

XB.ELYSE :VKO.33 > thermomètre extérieur situé sur le lander

XB.ELYSE :VKI.03 > thermomètre extérieur situé sous le bouclier

XB.ELYSE :VWS.03 > anémomètre extérieur situé sous le lander

XB.ELYSE :VDO.03 > baromètre extérieur situé sur la plateforme

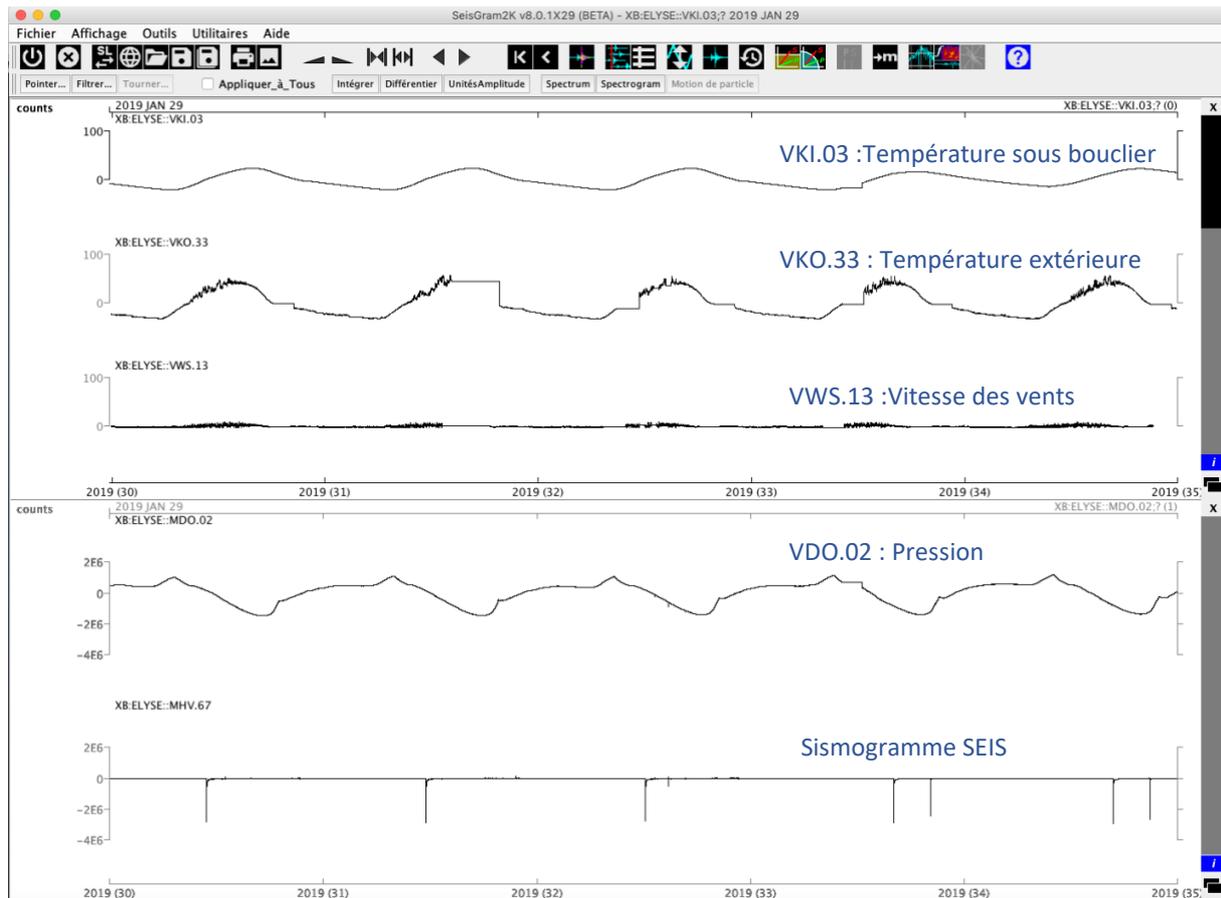


Localisation des capteurs

2/ Ouverture des données (format miniseed) avec SeisGram2K

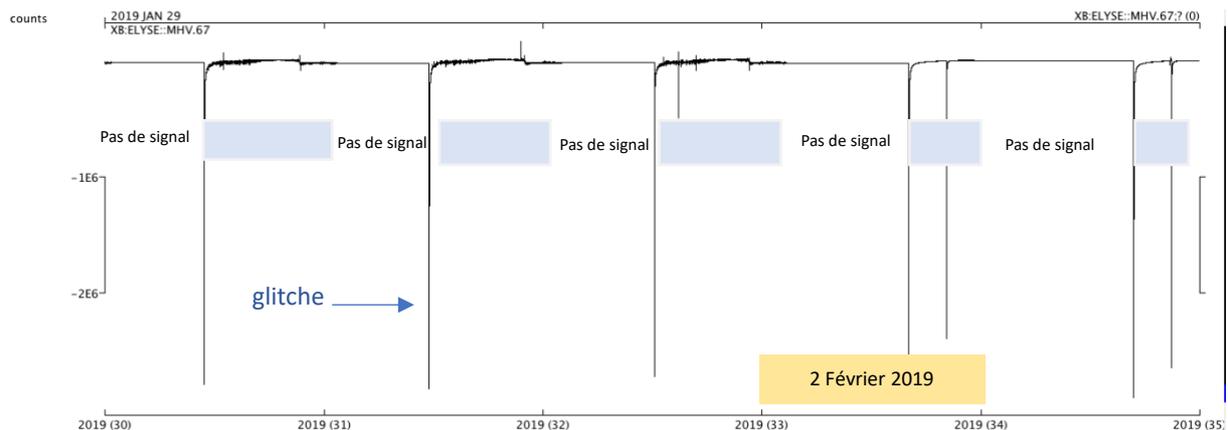
Une fois les données téléchargées, elles peuvent être exploitées avec le logiciel SeisGram2K (.mseed) ou à l'aide d'un tableur (.csv)

Dans les deux cas, on cherche à suivre et à comparer l'évolution des divers paramètres sous forme graphique.



Durant cette période de déploiement d'instruments, il n'y a pas eu d'enregistrements continus de SEIS (MHV.67). On a procédé simplement à quelques courtes séquences d'acquisition du signal. Le signal est donc entrecoupé de périodes de temps sans signal.

Tracé du sismogramme de SEIS du 30 Janv. au 6 Fév. 2019

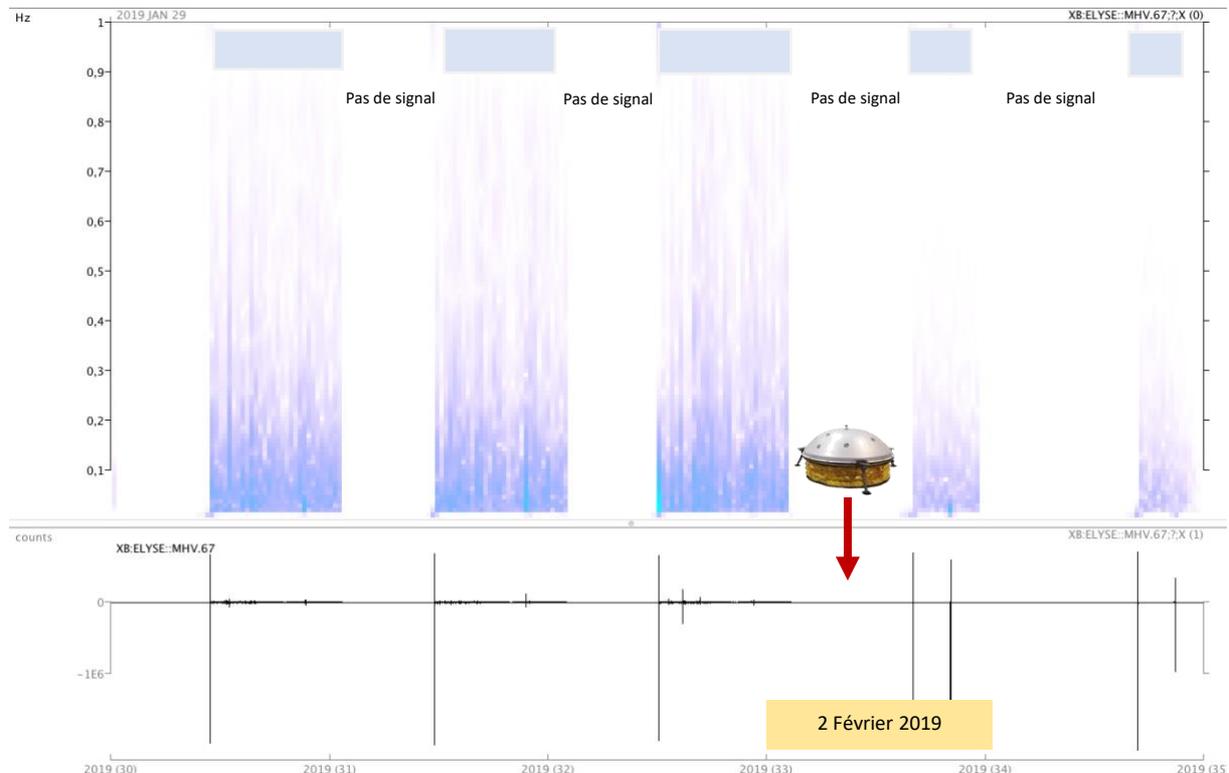


Les données brutes sont aussi très parasitées par de brusques variations dénommées 'glitches' qui polluent un peu les enregistrements. Il faut essayer d'en faire abstraction.

3/ Analyse des données

On va se focaliser sur le bruit enregistré sur le sismomètre. Un filtre de 0.01Hz à 0.1 Hz est recommandé sur le signal de SEIS avant d'étudier le signal. On applique ce filtre (Outils > filtrer) sur la composante MHV.67 (le sismogramme).

puis on demande le spectrogramme de l'enregistrement de MHV.67 (outils > spectrogram). On obtient l'image suivante :



On note visuellement une nette diminution du bruit durant le 2 février 2019 (jour julien 33). Cette diminution peut être mise en parallèle avec la pose, par le bras robotique, du bouclier thermique et éolien sur le sismomètre.

On peut d'autant plus évoquer l'effet du bouclier sur la baisse du bruit que, ni la température extérieure (VKO.33), ni la pression (MDO.02), ni les vents (VWS.13) ne semblent avoir beaucoup changé ces jours-là.

Par contre, si l'on compare les températures extérieure (VKO.33) et sous le bouclier (VKI.03), on voit un net effet du bouclier sur la température. Les deux graphiques étant à la même échelle, on peut conclure à un effet isolant du bouclier sur la température. La température est moins élevée, plus amortie avec un léger effet retard sur ce qui se passe à l'extérieur.

4/ Modélisation de l'effet thermique du bouclier en classe

On peut reproduire simplement en classe cet effet bouclier thermique avec des capteurs. On utilisera le capteur di-thermo du kit InSight avec l'interface RISSC (téléchargeable sur insight.oca.eu > topic sensor).

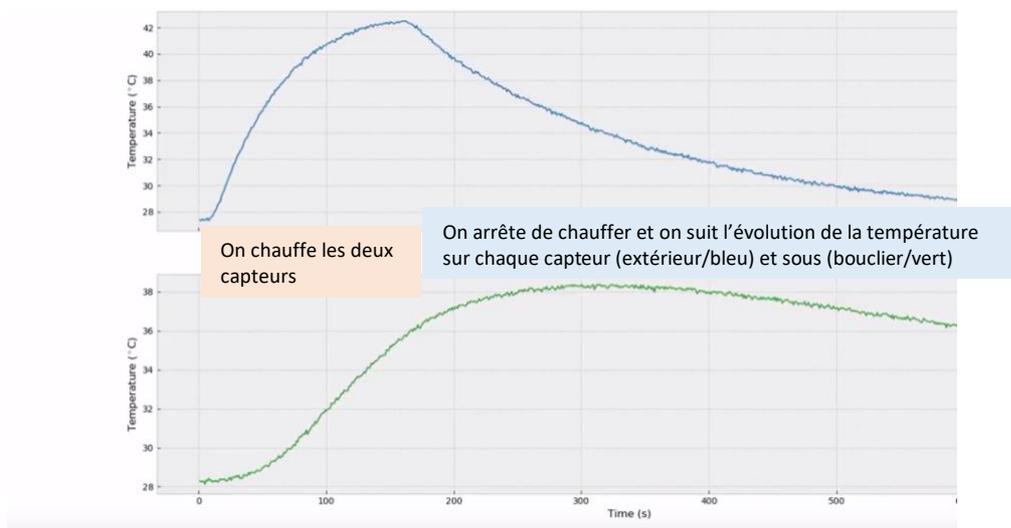
L'expérience consiste à suivre l'évolution de la température sur deux thermomètres, un placé en extérieur et l'autre sous un bouclier isolant (isolation réalisée avec du plastique avec bulles).

L'expérience et le matériel est décrit en ligne :

<https://insight.oca.eu/fr/hands-on-pratiques/topic-sensor/512-insight-sensors-kit-students>



On chauffe les deux capteurs thermiques à l'aide d'un sèche-cheveux ... et on suit l'évolution de la température pour chaque capteur dans le temps.



Evolution de la température pour chaque capteur