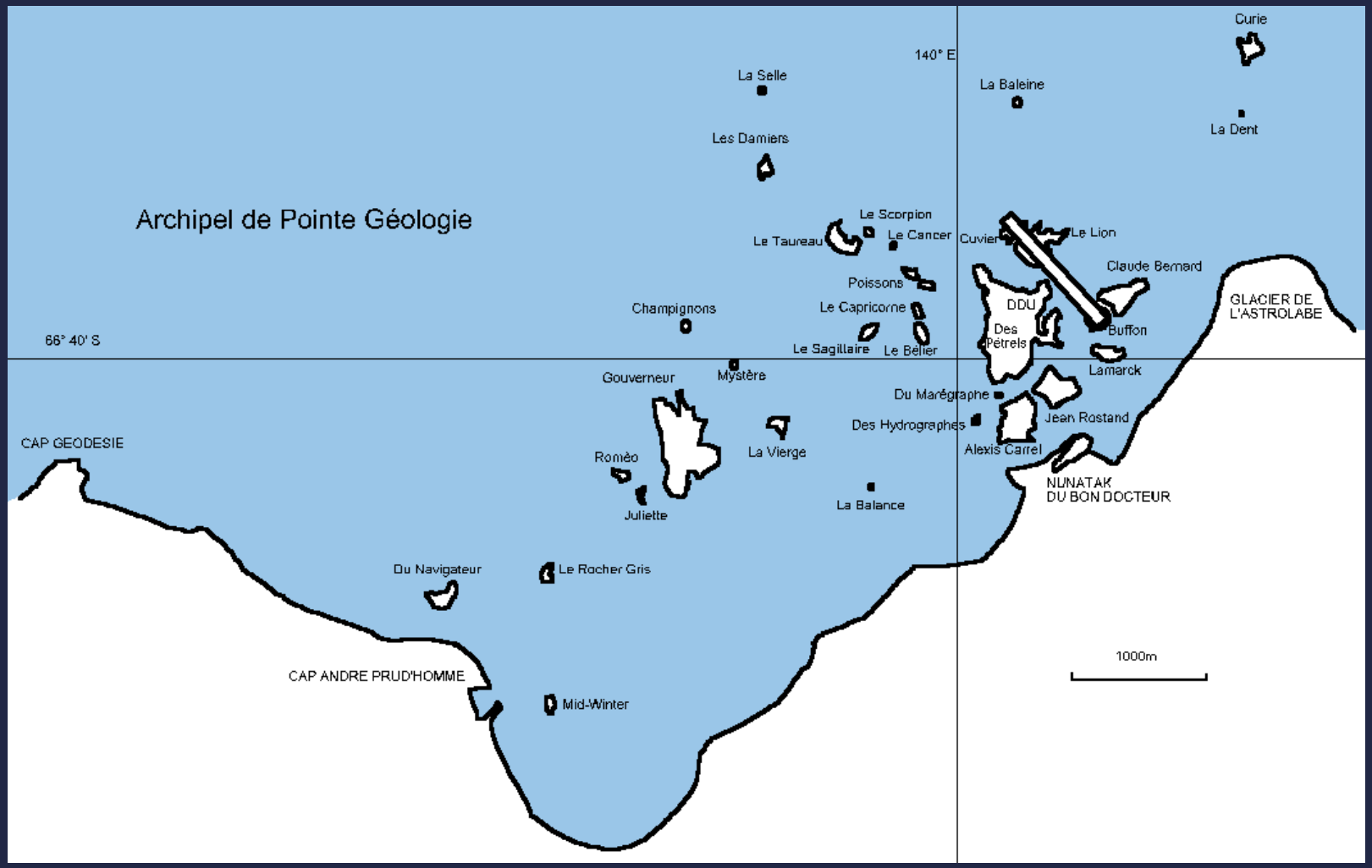
DÉCOUVRIR L'ASTROLABE, UN GLACIER ÉMISSAIRE-MODÈLE, AVEC LE PROGRAMME IPEV 1053 DACOTA

Annabelle KREMER 17/03/2017

1. Quelques informations pour comprendre le travail et les objectifs des scientifiques

On va où ?

A quelques km de l'Archipel de Pointe Géologie. Il faut se rendre à Cap Prud'homme, une station franco-italienne. L'Astrolabe est le glacier qui se situe à l'arrière de la station (16km de long sur 6 km de large)



Premier plan : la station Cap Prud'homme située sur le continent. A l'arrière, la base Dumont d'Urville située sur de l'archipel de Pointe Géologie. 16-01-2017.

Avec qui ?

Emmanuel Le Meur est glaciologue à l'IGE de Grenoble. Il fait son terrain en Antarctique où il étudie la dynamique des glaciers émissaires.

Il dirige le programme IPEV 1053 DACOTA :

Le glacier de l'Astrolabe est une zone **atelier-observatoire**. Des mesures de terrain y sont effectuées dans le double objectif de mieux comprendre les caractéristiques et le fonctionnement du glacier et d'utiliser les données obtenues à des fins de modélisation numérique qui permettent de rendre compte de la dynamique du glacier et son comportement futur dans le cadre d'un changement environnemental.

https://www.dailymotion.com/video/x2e9u0t_le-programme-dacota-emmanuel-lemeur_tech

Un glacier ça s'écoule !

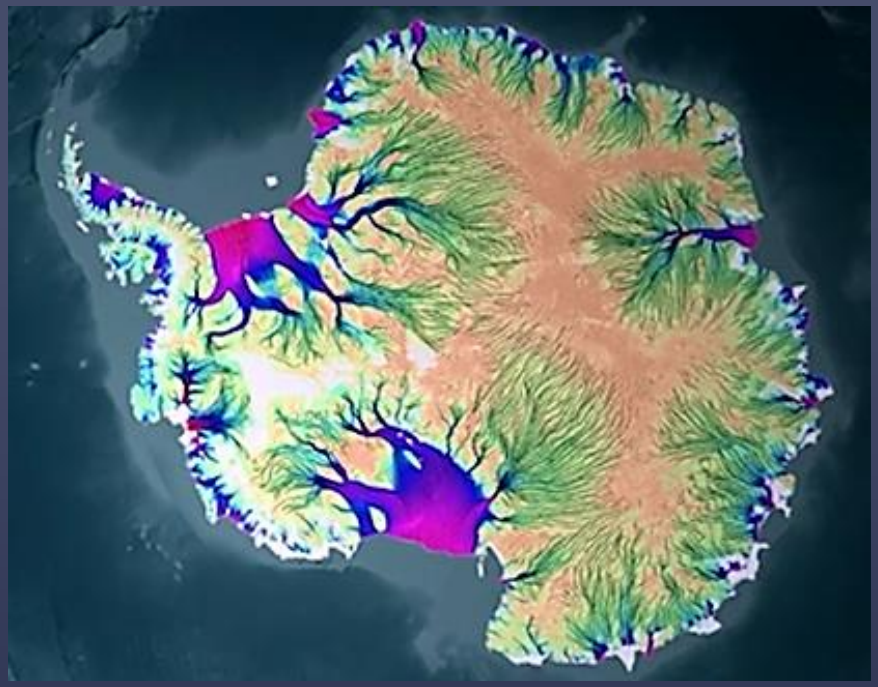
Objectifs précis et mesures du programme DACOTA :

« Comprendre la physique de ce glacier, être capable de modéliser son écoulement. Pour cela, il est nécessaire de connaitre la topographie sous-glaciaire, l'épaisseur du glacier, le bilan de masse (ablation*/accumulation*) et de réaliser des mesures de vitesse (ce champ de vitesse est calculé théoriquement mais les mesures obtenues sur le terrain servent à valider le modèle en retour.
Nous avons choisi l'Astrolabe car il est bien plus accessible que ses grands frères tel que le Mertz, Ninnis ou Frost. L'idée est ensuite de pouvoir généraliser les résultats obtenus aux autres glaciers ». **E. Le Meur.**

L'Astrolabe vu de l'hélicoptère. 16-01-2017.

ablation* : ce qui est arraché au glacier. En Antarctique il s'agit essentiellement du vêlage des icebergs.
accumulation * : ce qui se dépose sur le glacier, soit par précipitations, soit par transport éolien.

L'Astrolabe : un glacier émissaire. Qu'est ce que cela signifie ?



Légende :

écoulement rapide

écoulement lent

90% de la neige qui tombe sur l'Antarctique est évacuée sous forme de glace au travers de très petites structures côtières appelées **glaciers émissaires**. De tels glaciers collectent la glace (s'imaginer un bassin versant) : ils représentent en quelque sorte **l'embouchure d'un fleuve**. Les glaciers émissaires arrivent directement dans la mer ou dans des plateformes de glace flottante (Ross …) par le vêlage des icebergs. Ils sont toutefois « pris » dans la calotte glaciaire : ils constituent des écoulements de glace rapides au sein d'une glace stagnante. La différence de vitesse d'écoulement - 600m/an au niveau du glacier lui-même contre 15m/an à l'extérieur de celui-ci - est accommodée par la formation de crevasses au niveau d'une large **zone de cisaillement** ou shear-zone.

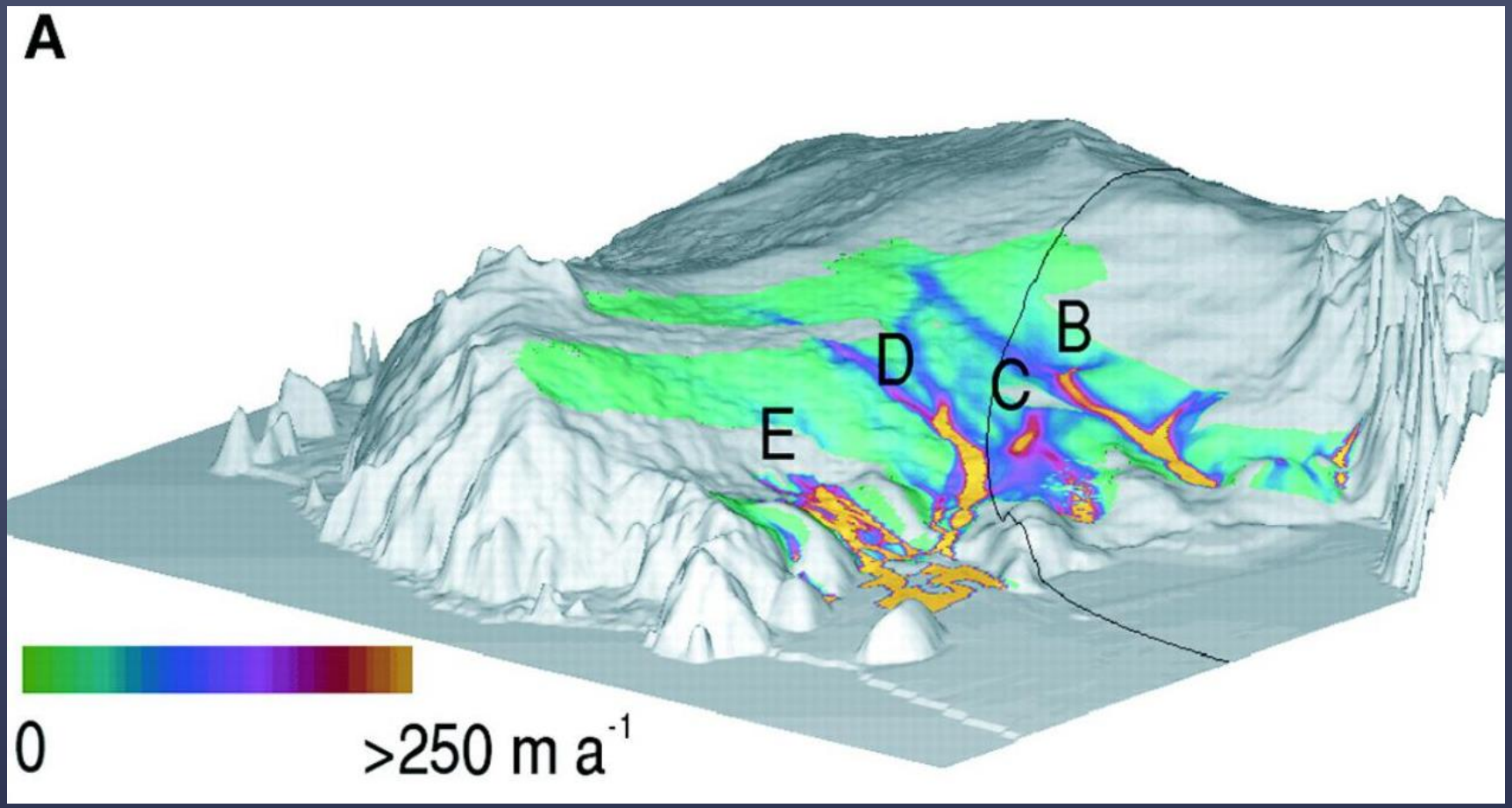


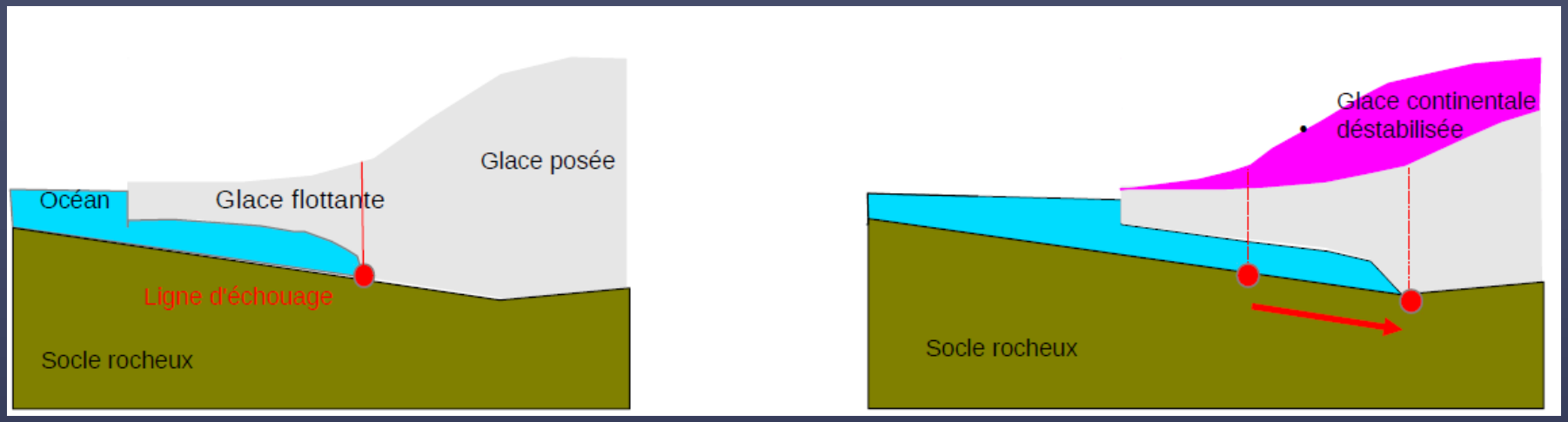
Illustration du phénomène de concentration du flux de glace dans son cheminement vers la côté donnant naissance aux glaciers émissaires caractérisés par de très fortes vitesses et au travers desquels transite plus de 90 % de la glace.

Etudier la contribution des glaciers émissaires à l'augmentation du niveau des mers

Dès qu'un morceau de glace flotte sur l'océan – c'est-à-dire dès qu'il franchit **sa ligne d'échouage** – il contribue à l'augmentation niveau mer. L'Antarctique constitue le plus grand réservoir d'eau douce. En principe il y a un équilibre entre ce qui tombe sous forme de neige et ce qui est évacué par le vêlage des icebergs. Si le système est stationnaire (géométrie qui n'évolue pas dans le temps), normalement est évacué sous forme d'icebergs l'équivalent de ce qui tombe en précipitations neigeuses. Mais les études menées par Rignot au Groenland, qui s'appuient sur une compilation de cartes de vitesses d'écoulement établies à partir de plusieurs glaciers, montrent que le flux de glace à la mer est deux fois plus important que celui mesuré dix ans auparavant. Or, la quantité de neige qui tombe n'est pas multipliée par deux ! Cela contribue à augmenter le niveau des mers.

Question à Emmanuel Le Meur : combien de temps faut-il à la glace pour quitter sa ligne d'échouage et vêler ? « *Cela dépend de la longueur de la partie flottante. Quand la glace arrive au niveau de la plateforme de Ross par exemple, elle a encore 1000 km à faire. Donc, du franchissement de la ligne d'échouage au vêlage, il peut se passer 600 ans. Mais ici, la ligne d'échouage est à 5 km du front de vêlage. Donc, comme l'Astrolabe se déplace à une vitesse d'environ 500 m/an donc il faut 10 ans.* »

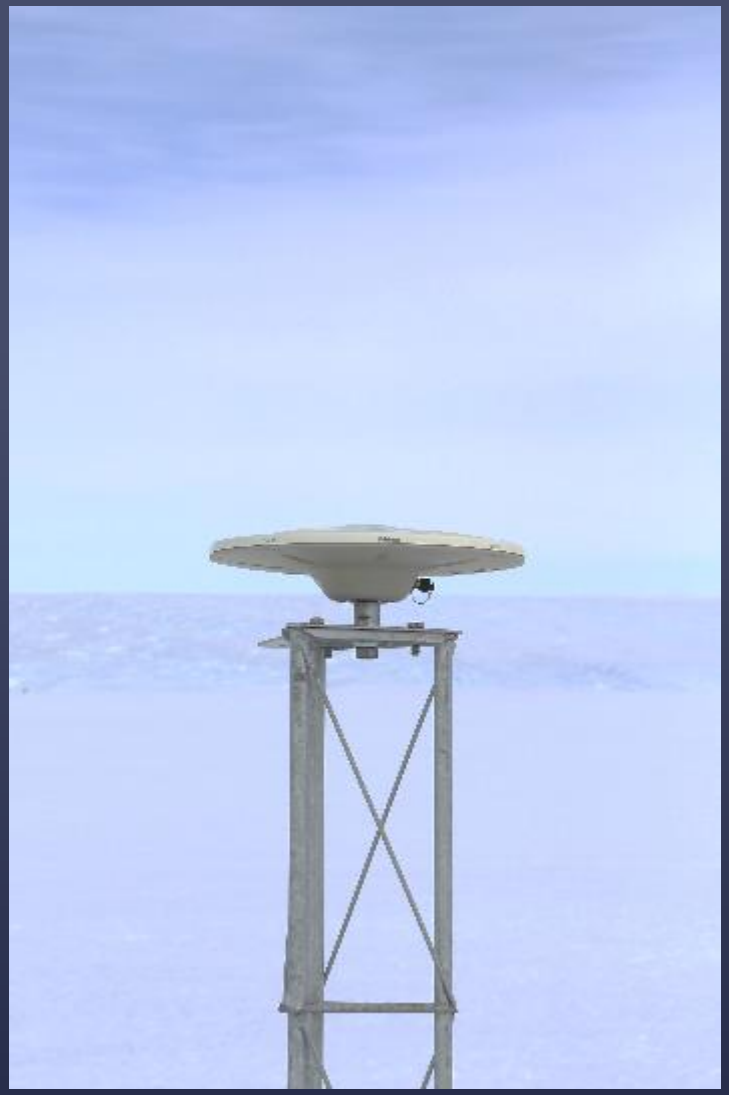
Exemple d'une modification de la ligne d'échouage et conséquence sur le niveau de l'océan



Effet d'une forte migration centripète (flèche rouge) de la ligne d'échouage dans le cas (instable) où le socle plonge vers l'intérieur du continent. La partie en rose correspond à l'ensemble de la glace continentale déstabilisée sous la forme d'un écoulement accéléré à la mer et une contribution positive au niveau de cette dernière.

Ligne d'échouage et positionnement de balises GPS

« *On s'intéresse à la ligne d'échouage (ligne à partir de laquelle la glace flotte). C'est une zone de transition mécanique : le comportement de la glace diffère selon qu'il s'agisse d'une glace posée sur le continent ou d'une glace flottante.*
Notre réseau de mesures de déplacement du glacier *doit donc être positionné de part et d'autre de la ligne d'échouage pour avoir un échantillonnage de chaque « type » de glace.*
Sur l'Astrolabe, nous avons posé 8 balises GPS dans la zone de transition entre la glace flottante et la glace posée.
Au-delà du glacier, c'est de la glace stagnante mais au voisinage de Dumont D'Urville dans l'axe du glacier et près de la côte, il s'agit d'une glace très mobile qui finit sa course par le vêlage des bergs. On y observe de nombreuses crevasses qui accommodent la différence de vitesse entre un déplacement lent (glace hors glacier : 15m/an) et un déplacement rapide au niveau du glacier émissaire (600 m/an) » **E. Le Meur**



Antenne GPS. Rive gauche du glacier. 16-01-2017.

Mais comment localiser la ligne d'échouage sur le terrain ?

Fabien Gillet-Chaulet, glaciologue à l' IGE m'explique :

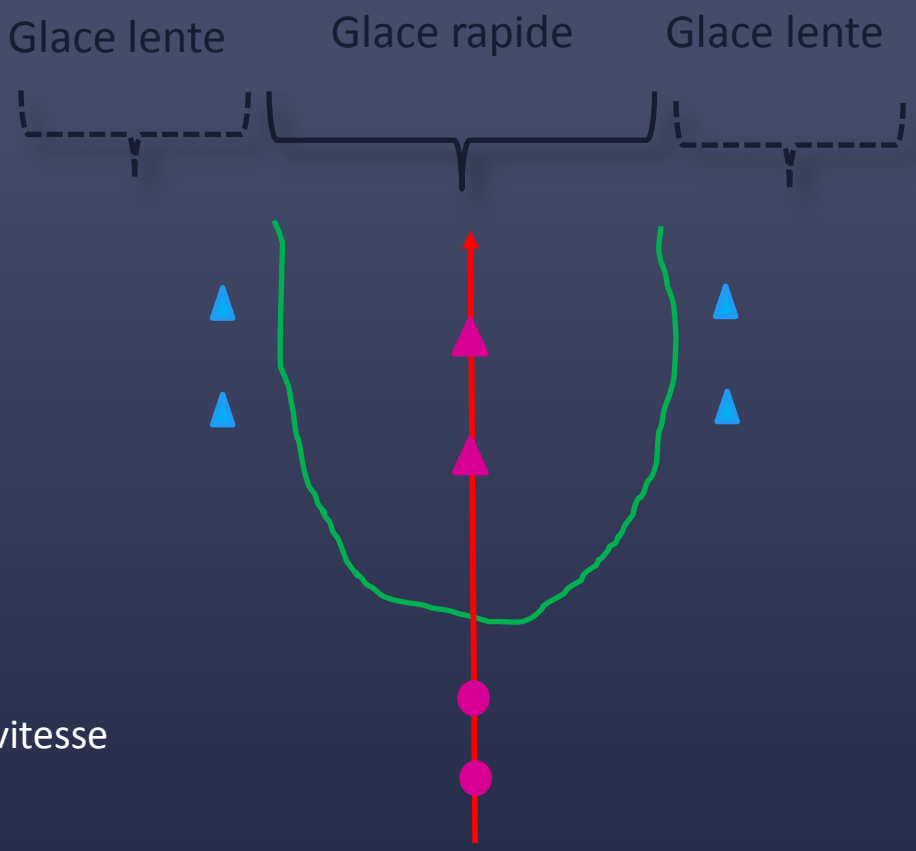
« Il a plusieurs manières de procéder :
- par l'utilisation de satellites : il s'agit de cartographier l'Antarctique pour repérer les zones qui flottent sur l'océan austral.
- en observant la topographie : sur certains glaciers la transition glace posée/glace flottante est marquée par une rupture de pente. Mais ici cela ne fonctionne pas.
- à partir de l'épaisseur de glace : en mesurant celle-ci et en connaissant l'altitude de surface, il suffit d'appliquer le principe de la poussée d'Archimède. Tu déduis si l'objet est à la flottaison ou non.

Emmanuel a compilé ces différentes méthodes mais il a aussi observé quelles zones du glacier se détachaient à marée haute (mesures d'altitude GPS : une glace qui flotte suit la montée de la marée)

Ce qui rend ce travail difficile et complexe ici c'est la présence de nombreux îlots dans l'Archipel de Pointe Géologie, la glace pouvant s'y accrocher. »

Sur le terrain, comment placer les balises ?

Un petit dessin d'Emmanuel sur le terrain que je vous transpose ici :



Zone d'écoulement du glacier

Ligne d'échouage estimée

Direction et sens principaux de l'écoulement

Balises sur glace flottante

Balises externes. Sur glace posée (gradient de vitesse existant entre ▲ et ▲ ; shear-zone)

Balises sur glace posée

Le champ de déplacement du glacier : glissement et déformation.

L'écoulement du fleuve de glace est contrôlée par plusieurs facteurs :

- **la topographie** : les glaciers émissaires sont souvent localisés dans des vallées, il s'encaissent dans des fjord.

- **la nature géologique du socle rocheux** qui influence la vitesse du glissement : par exemple, sur un socle en granite, le déplacement sera moins rapide que sur des sédiments peu consolidés ou gorgés d'eau (qui vont jouer le rôle de lubrifiants)

- **le flux géothermique** : la glace en surface est froide tandis qu'à la base elle est plus chaude en raison du flux géothermique. L'essentiel de la déformation est concentrée à la base.

L’Astrolabe vu depuis la base de Dumont D’Urville. 29-01-2017.

Mesurer le champ de déplacement du glacier ? Importance du modèle.

Question à Fabien Gillet-Chaulet

« On ne peut faire des mesures d'écoulement qu'au niveau de la surface du glacier. Or la glace est un fluide visqueux qui se déforme, cisaille et glisse en profondeur. Mesurer ce taux de déformation en profondeur c'est difficile, il faudrait faire un forage profond et instrumenter le trou de forage.

*On établit donc un **modèle** qui s'appuie sur ce que l'on observe en surface (temps de déformation, temps de glissement). On résout ensuite les équations de la mécanique :*

1. *on sait que c'est le poids de la glace qui entraîne sa déformation (affaissement)*
2. *on connait les propriétés mécaniques de la glace : on peut relier les contraintes sur la glace à une vitesse de déformation ».*

Mesures en surface et résolution numérique des équations de mécanique permettent d'obtenir un champ de vitesse continu et éventuellement une trajectoire d'écoulement.

Un aperçu de la zone de cisaillement (ou shear-zone) de l'Astrolabe.

Cordée : Emmanuel Le Meur, Charly Ouine (étudiant), Annabelle Kremer, Fabien Gillet-Chaulet. 16-01-2017

2. Le travail de terrain : réimplanter une balise et vérifier l'état d'autres balises.

16 Janvier 2017.

Etape 1 : s’équiper et charger la poulka avec le matériel qui servira à déplacer la balise.

Nous arrivons en hélicoptère sur la rive gauche du glacier. Un caisse de matériels y a préalablement été déposée.
Nous avançons en cordée de quatre.

Etape 2 : du travail de manutention. Dégager la balise

Le champ de vitesse doit être mesuré de manière continue et au même endroit. Comme le glacier se déplace, il faut repositionner chaque année les appareils de mesure à une distance qui correspond au déplacement annuel du glacier (600 mètres).

Il faut dégager le pylône avec l'antenne GPS et les panneaux solaires qui alimentent le dispositif.

Emmanuel avec la tronçonneuse.

Etape 2 achevée !
Sur la photo, Charly Ouine, étudiant en master 1 eau/climat/environnement

Etape 3 : repartir, 600 m plus en amont, et réimplanter la balise.

Creuser à l’aide d’une tarière.

Implantation des panneaux solaires
(fonctionnement semi-autonome de la balise : présence de batteries mais recharge de celles-ci par les panneaux solaires)

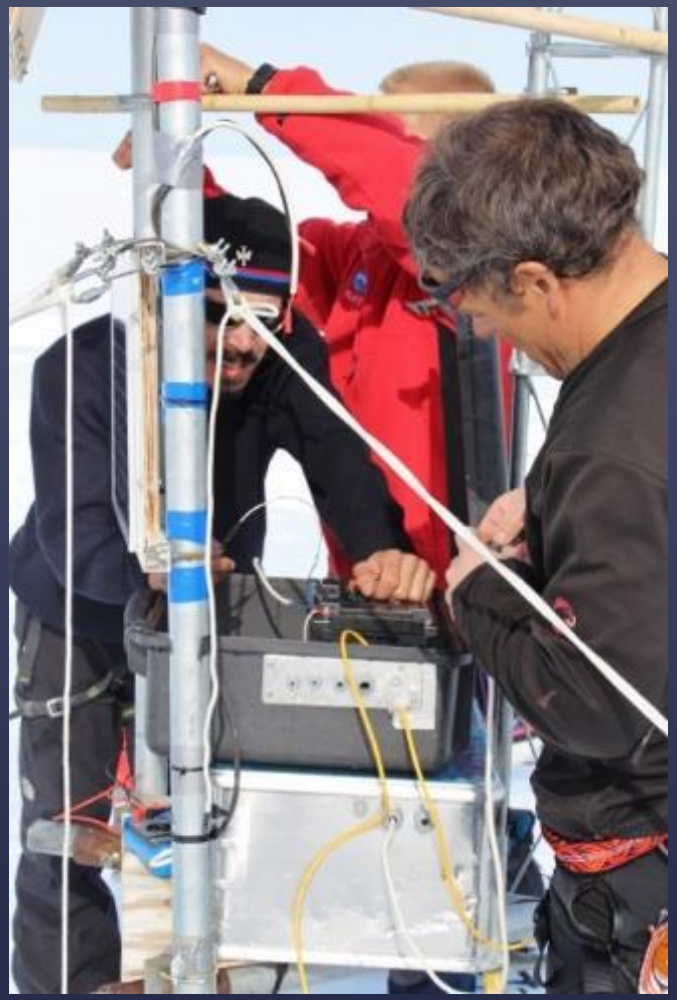
Implantation du pylône et pose de câbles pour éviter le risque d’arrachage du dispositif par le vent.

Raccordement du dispositif à une première caisse d'alimentation : 3 batteries de 12 V

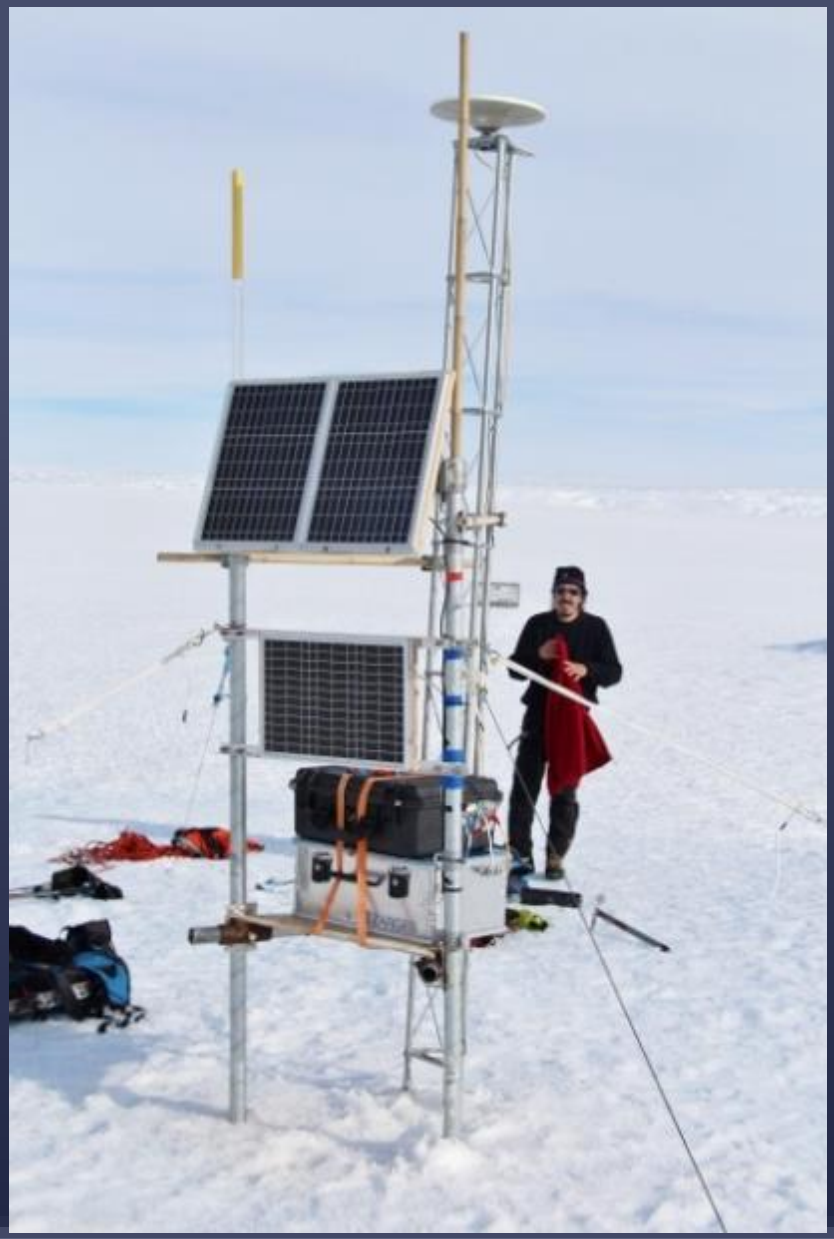
Tout attacher minutieusement avec des fixations Colson et scotcher les câbles (pour limiter l'arrachement ou le dénudement par le vent et la neige)

Placer l'antenne GPS en haut du pylône.

Raccordement du dispositif à une seconde caisse contenant une batterie de 12V et le boitier d'acquisition GPS.



Etape 3 achevée après 4 heures de travail.



Etape 4 : vérifier l'état des autres balises.
Ici un affaissement du pylône suite à une fonte locale de la glace.

Etape 5 : profiter d'une balade dans la shear-zone !

Ombres portées sur la crevasse… 16-01-2017

Annabelle KREMER 17/03/2017

20h40 : retour à Cap Prud’homme. On attend l’hélicoptère. 16-01-2017

Un grand merci à Emmanuel Le Meur et Fabien Gillet-Chaulet pour leur bienveillance, leur confiance et leur enthousiasme à partager leur travail de terrain.