

## 1. Solar Impulse 2

En aviation, le phénomène de portance (ce qui permet à l'avion de voler) dépend, entre autres, de la vitesse relative de l'avion par rapport à l'air. Il est donc très important pour le pilote de connaître et de surveiller cette vitesse afin d'éviter tout risque de décrochage (phénomène de chute de l'avion). Dans le cas de Solar Impulse 2 (figure 1), cette vitesse est en plus transmise au sol afin d'y être enregistrée sur un serveur et analysée en temps réel par l'équipe d'assistance. L'étude qui suit permettra de valider la mesure et la transmission au sol de la vitesse du Solar Impulse 2.



Figure 1 : Solar Impulse 2

## 2. Valider la précision de la chaîne d'acquisition de vitesse de l'avion Solar Impulse 2

L'avion Solar Impulse 2 vole à des vitesses relativement faibles. La plage de mesure imposée par le cahier des charges est de 0 à 150 km.h<sup>-1</sup> (vitesse maximum réelle 140 km.h<sup>-1</sup>) avec une précision de 0,05 km.h<sup>-1</sup>.

À l'aide du document technique DTS1, **justifier** l'utilisation d'une sonde Pitot pour mesurer la vitesse d'un avion.

La chaîne d'information de la vitesse est partiellement donnée sur le document réponse DRS1. **Remplir** les rectangles vides en indiquant les termes ci-dessous :  
 "Grandeur numérique" - "Tension analogique" - "Information numérique" - "Tension analogique amplifiée" - "Pression Différentielle".

Sur cette chaîne d'information, la fonction "Différentiel de pression" permet d'obtenir une linéarisation de la pression différentielle en fonction de la vitesse de l'avion.

Les caractéristiques des blocs "Différentiel de pression", "Convertisseur Pression/Tension" et "Convertisseur Analogique Numérique (CAN)" sont données sur document technique DTS2.

Donner la valeur de  $U_{scap}$  pour une vitesse de 150 km.h<sup>-1</sup>. **Justifier** la mise en place de l'amplificateur avant le convertisseur.

On cherche à vérifier que l'information vitesse sera suffisamment précise, pour cela le choix du convertisseur Analogique Numérique est important.

Toujours en vous aidant du document technique DTS2, **calculer** le quantum (résolution) du CAN.

Le gain de l'amplificateur est de 150 ( $U_E = 150 \times U_{SCAP}$ ).

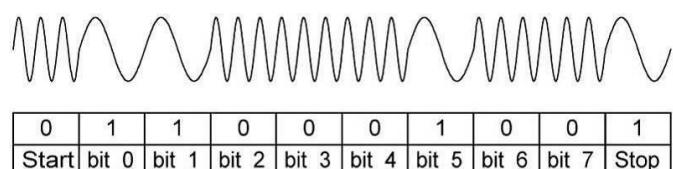
☞ **Calculer** la vitesse de l'avion pour ce quantum ( $N = 1$  à la sortie de CAN) et **conclure** sur la précision de la mesure de vitesse de Solar Impulse 2.

### 3. Réception des données

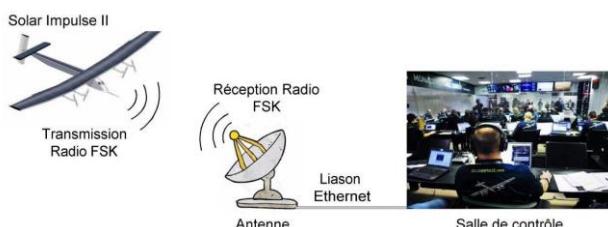
Les données sont transmises par modulation FSK. Le codage FSK (décalage en fréquence) associe à chaque bit un signal sinusoïdal de fréquence déterminée.

- un "zéro logique" correspond la fréquence de 28,8 kHz
- un "un logique" correspond la fréquence de 9,6 kHz

Exemple de transmission par modulation FSK d'un octet de valeur 0x23 = b00100011



Une fois transmis par radio, ces signaux sont réceptionnés au sol par une antenne et les trames sont reconstituées afin d'être envoyées à la salle de contrôle par liaison Ethernet.



Pour détecter les "0" et les "1" dans la trame, on utilise un filtre passe-bas. Il permet de filtrer les basses fréquences et donc les 0 logique de la trame. La courbe de ce filtre est donnée sur le document technique DTS3.

☞ À partir de cette courbe, **donner** la fréquence de coupure du filtre à -3dB et **conclure** sur la pertinence de cette valeur.

Le document réponse DRS2 donne la réception avant filtrage des 2 octets "vitesse Solar Impulse".

☞ Sur ce même document, **dessiner** l'allure de ces 2 octets après filtrage et en déduire la vitesse de l'avion.

## DTS1 : caractéristiques de différents capteurs permettant de connaître la vitesse d'un fluide ou d'un gaz

### Capteur de débit d'un liquide



Le capteur de débit est constitué d'un rotor et d'un capteur à effet hall. Lorsque le liquide passe dans le capteur, le rotor génère des impulsions en fonction du débit. La fréquence de sortie varie en fonction de la vitesse du rotor. En connaissant le diamètre du tuyau, il est possible de calculer la vitesse du liquide.

Avantages : Facilité de mise en œuvre  
Légereté

Inconvénients : Précision 7%  
Fonctionnement uniquement avec du liquide  
Ne prend pas en compte les variables extérieures au circuit.

### Anémomètre



L'anémomètre est constitué d'un rotor et d'un capteur à effet hall. Lorsque le vent frappe les coupelles demi-sphériques, le rotor génère des impulsions en fonction de sa vitesse de rotation. La fréquence des impulsions est donc directement liée à la vitesse du vent.

Avantages : Facilité de mise en œuvre  
Bonne précision

Inconvénients : Fragilité de la partie en mouvement

### Sonde Pitot



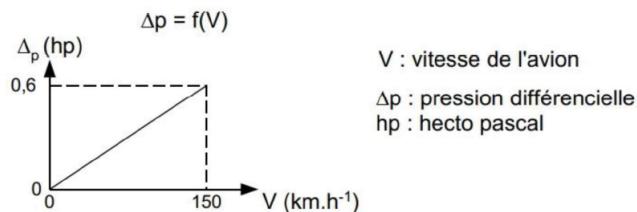
La sonde Pitot a été inventée par Henri Pitot en 1732. Ce tube de Pitot permet la détermination de la vitesse d'un fluide grâce à la mesure d'une différence de pression entre la pression statique  $P_s$  et la pression totale  $P_t$ . La vitesse du fluide est directement liée à cette différence de pression.

Avantages : Peu de pièces mécaniques en mouvement  
Très bonne précision

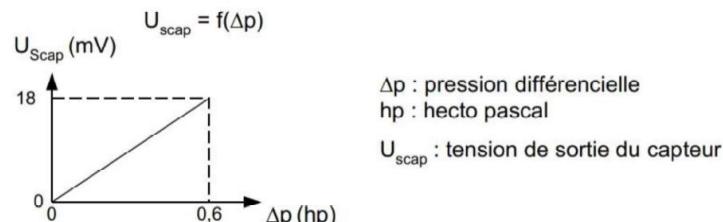
Inconvénients : Nécessité d'avoir deux circuits (pneumatique et électrique)  
Fonctionnement uniquement dans une direction

## DTS2 : caractéristiques des différents modules de la chaîne d'information « vitesse » du Solar Impulse 2

Différence de pression en fonction de la vitesse de Solar Impulse 2.

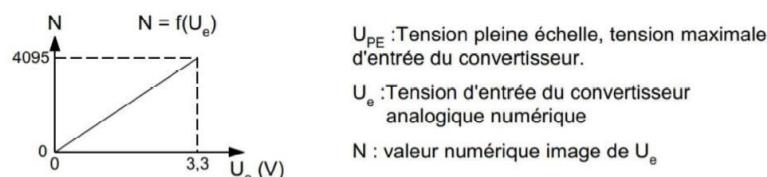


Tension de sortie du capteur en fonction de la différence de pression.

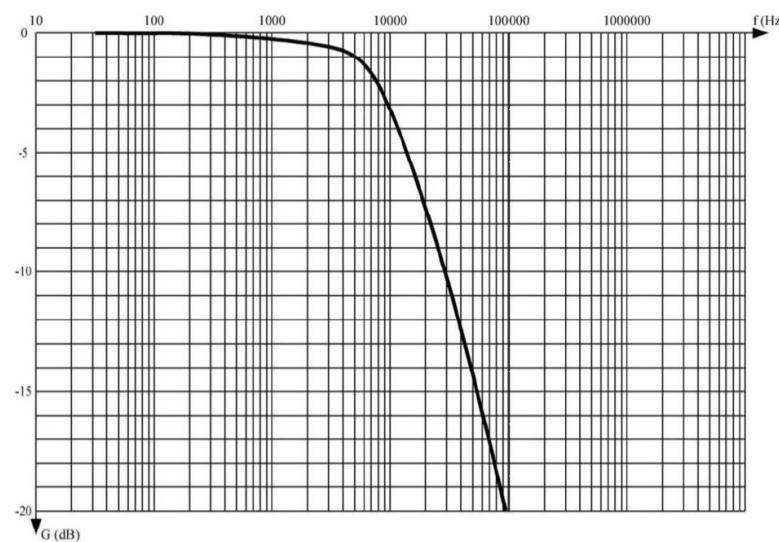


Nombre entier N en fonction de la tension d'entrée du convertisseur.

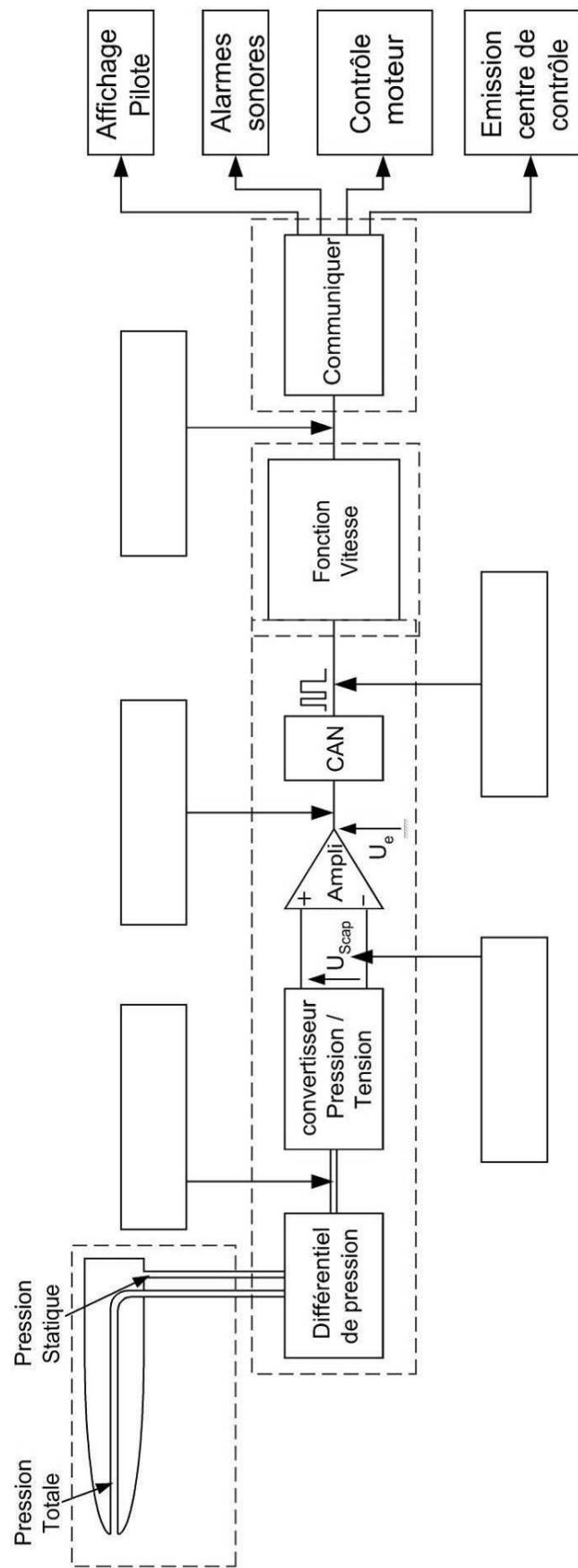
Convertisseur Analogique - Numérique 12 bits ;  $U_{PE} = 3,3$  Volt



## DTS3 : courbe de réponse du filtre passe bas $G = f(f)$

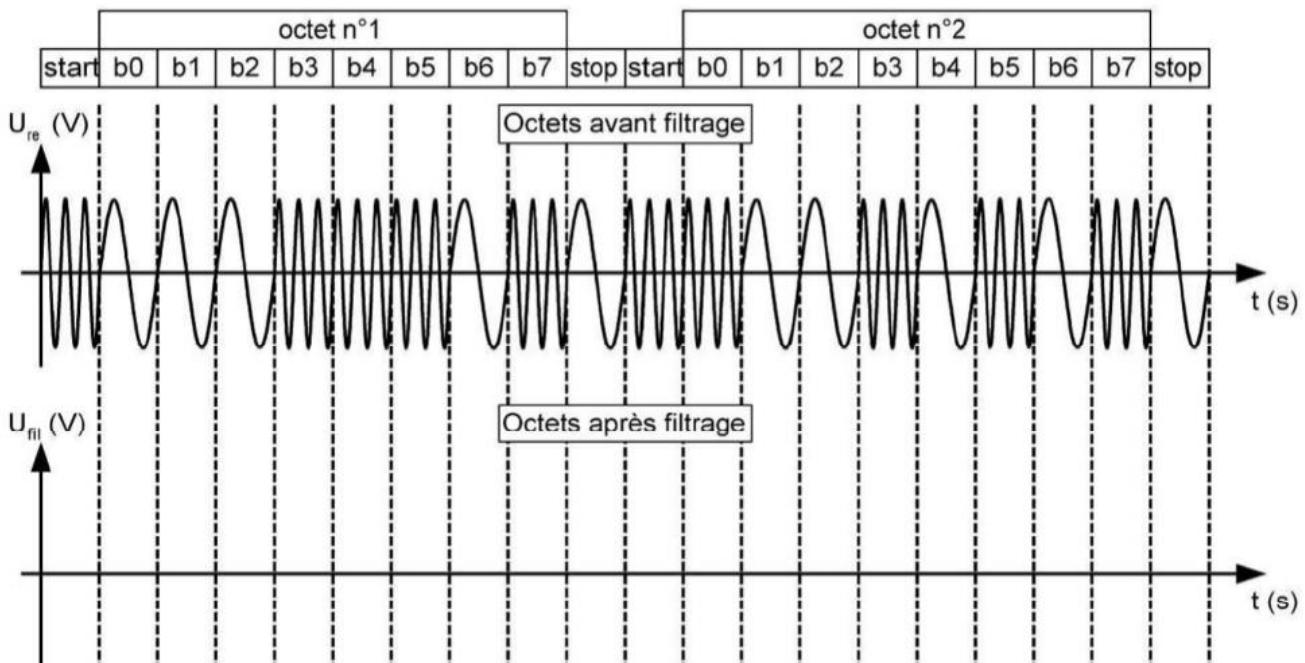


## DRS1 : chaîne d'information « vitesse de Solar Impulse 2 »



## DRS2 : document réponse

octets « Vitesse Solar Impulse 2 » en modulation FSK.



## Valeur Binaire

