

Modélisation des systèmes et ingénierie

Exercice 1 - Système de mesure de cavité souterraine

Adapté de CCP TSI 2010

Corrigé page 19

A. Présentation du système

A.1. Problématique

Le sous-sol français possède de nombreuses cavités soit naturelles (coulées de lave...) soit liées à des activités humaines (mines...).

Les terrains constructibles se faisant de plus en plus rares, on est amené à construire dans des zones où les sous-sols sont médiocres. Afin de limiter le risque d'effondrement et de connaître l'extension des cavités, des études de terrains sont réalisées.

Actuellement, la présence d'une cavité est détectée en surface à l'aide de moyens électromagnétiques mais son volume et sa position exacte ne sont pas mesurables par ces moyens externes. Le Centre d'Expertise du Bâtiment des Travaux Publics (CEBTP) utilise une mesure par télémètre laser.

Une fois la cavité décelée, le CEBTP procède à un forage vertical en profondeur d'un diamètre de 104 mm pour atteindre la cavité. Un outil « sonde » est introduit et transmet les mesures en surface.

Le volume de la cavité est alors calculé et une visualisation 3D peut être générée (voir figure 1.2).

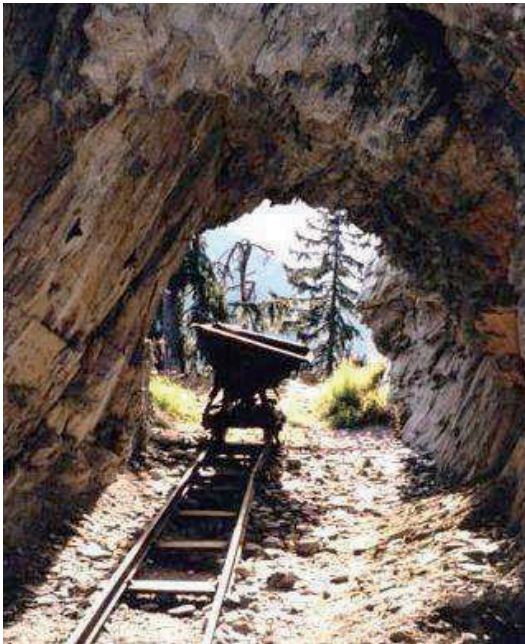


FIGURE 1.1 – Cavité minière

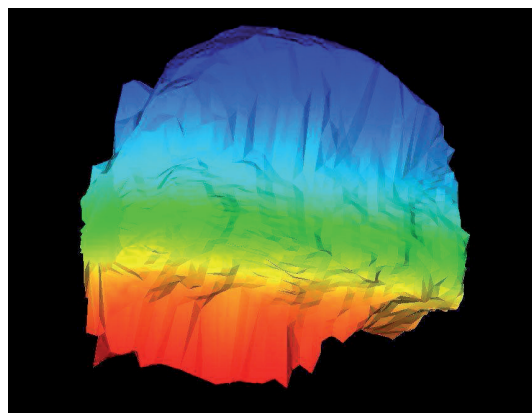


FIGURE 1.2 – Visualisation 3D d'une cavité

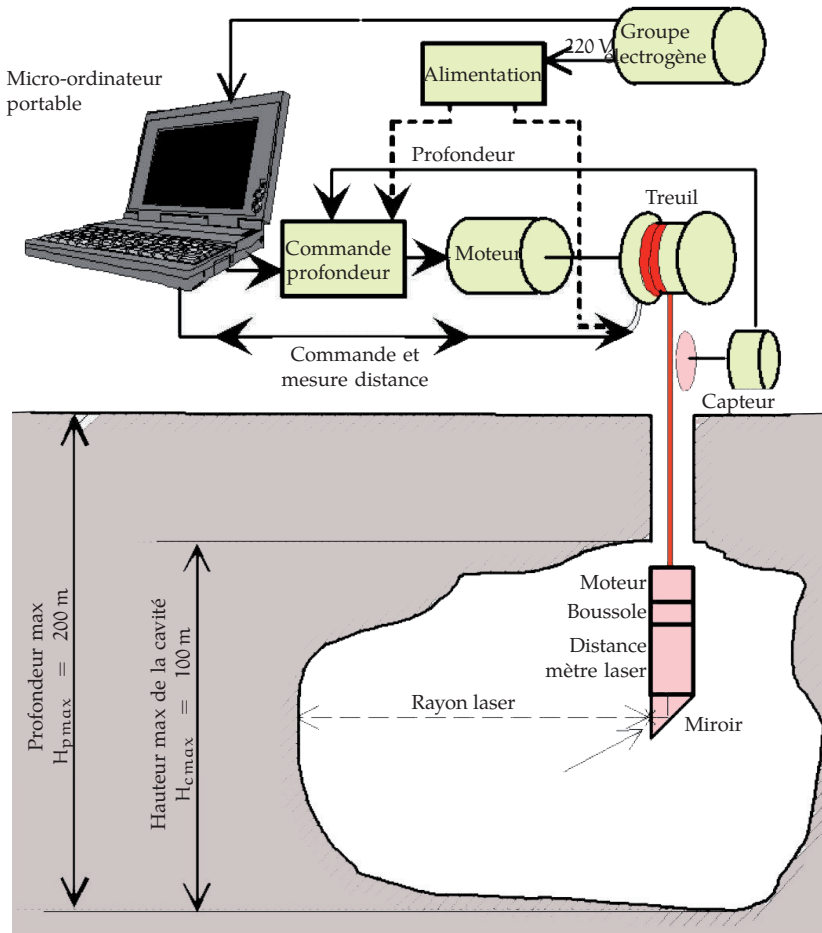


FIGURE 1.3 – Schéma fonctionnel du mesureur de cavité

A.2. Principe de fonctionnement

Le système étudié peut se décomposer en trois parties (voir figure 1.3) :

- la partie commande du système : un calculateur industriel (API) et un micro-ordinateur,
- le système de déplacement de la sonde, composé d'un ensemble motoréducteur et variateur, accouplé à un tambour sur lequel s'enroule un câble permettant la montée et la descente de la sonde dans le trou de forage par un système de poulies,
- la sonde en tant que telle (voir le document technique DT1 (figure 1.4)) permettant l'acquisition de la forme de la cavité,
- la position de la sonde est mesurée par un codeur (capteur) entraîné par le câble par une roue de friction.

Par l'intermédiaire d'un câble enroulé sur le tambour, la sonde de mesure est descendue en vitesse lente ($V_\ell = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) jusqu'au bas du tubage puis en vitesse rapide ($V_r = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) jusqu'au fond de la cavité. Elle y réalise sa première mesure de distance par rapport à la paroi de la cavité. La mesure utilise le principe de réflectométrie laser : la sonde comporte un télémètre laser qui mesure la distance entre l'axe vertical du câble et le bord de la paroi.

La sonde dispose d'une partie mobile qui est mise en mouvement grâce à un moteur pas à pas (voir figure 1.4) : cela lui permet d'effectuer une série de mesures sur 360° pour une profondeur donnée.

Le principe de la mesure consiste à remonter la sonde par paliers successifs. Pour chacun de ces paliers, on effectue une série de mesures :

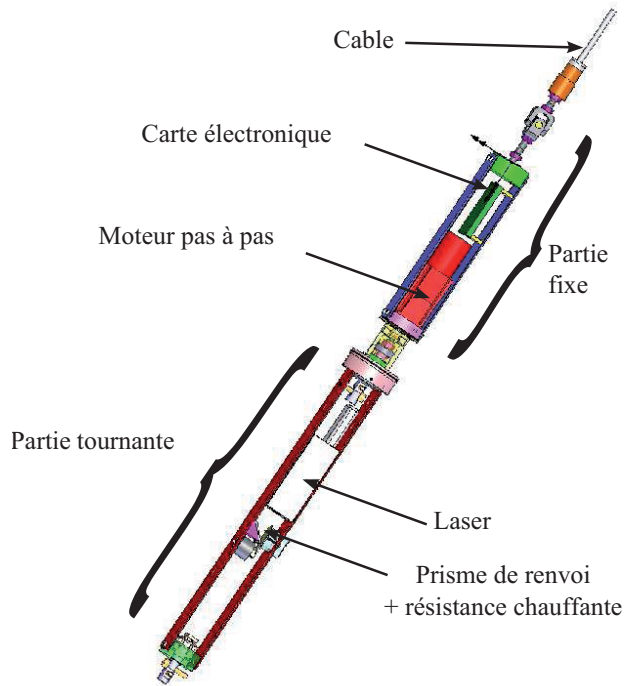


FIGURE 1.4 – Document technique DT1

- une résistance chauffante « tapis chauffant » est alimentée avant chaque série de mesure pour éviter toute formation de buée sur le miroir de renvoi du télémètre;
- un moteur pas à pas de 200 pas/tour va permettre de faire tourner le télémètre de $p_a = 1,8^\circ$ par pas toutes les $t_a = 0,1$ s. Ainsi on pourra réaliser 200 points de mesure pour une profondeur donnée, le faisceau laser de mesure sera horizontal alors que l'axe du télémètre est vertical, ceci sera réalisé grâce à un miroir à 45° fixé sur le télémètre;
- afin de ne pas torsader les fils électriques, il faut revenir en position initiale (rotation de 360° dans le sens opposé, à vitesse modérée de $\omega_m = 20$ tr/min avant la série de mesures suivante;
- une boussole électronique permet de contrôler l'orientation de la sonde et son inclinaison;
- une fois la première série de mesures effectuée au fond de la cavité, la sonde remonte en vitesse rapide ($V_r = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) d'une hauteur de ($p_h = 50$ cm) et effectue de nouveau une série de mesures, ces opérations étant répétées jusqu'à atteindre le haut de la cavité. La dernière mesure s'effectue entre 0 et 50 cm du bas du tubage.

La sonde remonte ensuite en vitesse lente ($V_\ell = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) jusqu'en haut du tubage.

En surface, on utilise un calculateur industriel (API) relié à un micro-ordinateur pour générer des consignes et collecter les résultats de mesure.

La descente des appareillages dans la cavité est réalisée par un ensemble moteur-treuil. Le câble s'enroule sur le tambour du treuil.

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du système est fournie par un groupe électrogène. Une alimentation régulée en tension fournit l'énergie électrique aux différents appareils. Un variateur associé à l'automate programmable (API) permet de commander et alimenter le moteur.

B. Analyse du système

B.1. Analyse globale : contexte et cas d'utilisation

Q1. Compléter le diagramme SysML de cas d'utilisation de la figure 1.5.

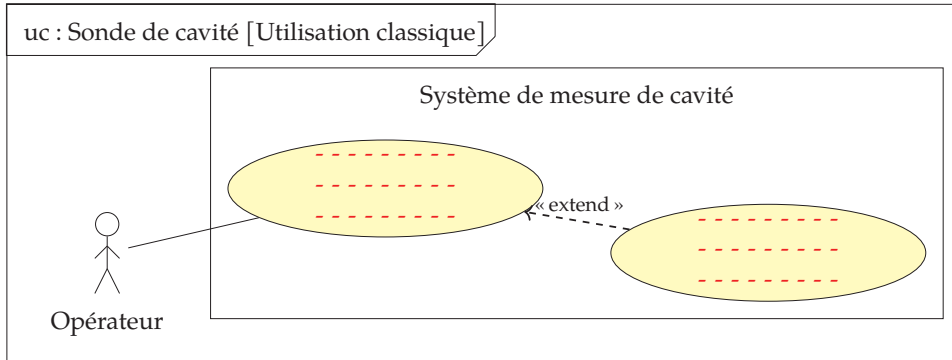


FIGURE 1.5 – Cas d'utilisation à compléter

Q2. Compléter le diagramme SysML de contexte de la figure 1.6 en indiquant le nom des 2 éléments extérieurs non nommés.

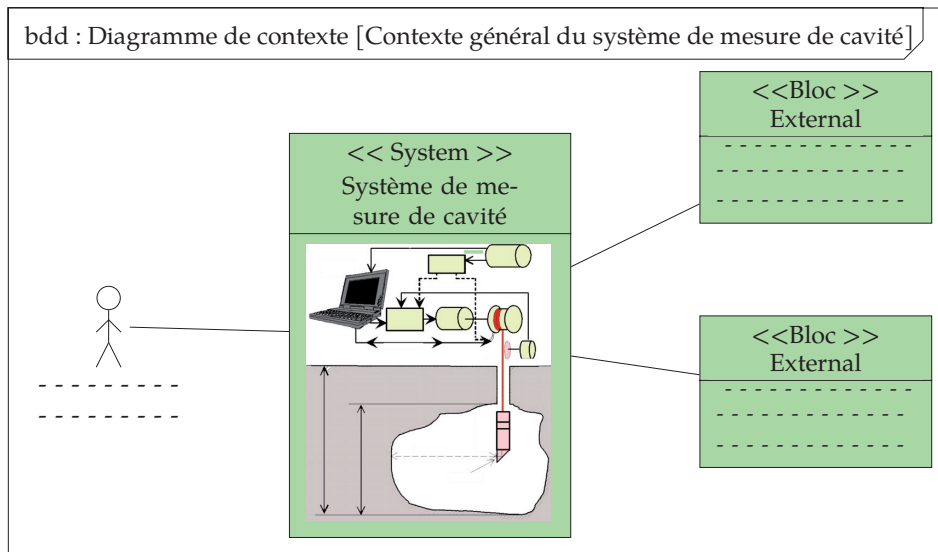


FIGURE 1.6 – Diagramme de contexte à compléter

B.2. Exigences

Le diagramme de la figure 1.7 décrit les exigences générales du système et ne détaille que les exigences techniques.

Q3. Rappeler l'utilité des diagrammes d'exigences.

Le diagramme de la figure 1.8 précise l'exigence relative à la mesure.

Q4. Compléter le diagramme SysML d'exigences partiel de la figure 1.8 en nommant les 2 exigences (1.1.2.3) et (1.1.2.4) ainsi que le bloc satisfaisant l'exigence (1.1.2.1).

B.3. Analyse interne : BDD et IBD

On se propose maintenant de décrire les constituants du système et les relations entre ceux-ci et l'extérieur.

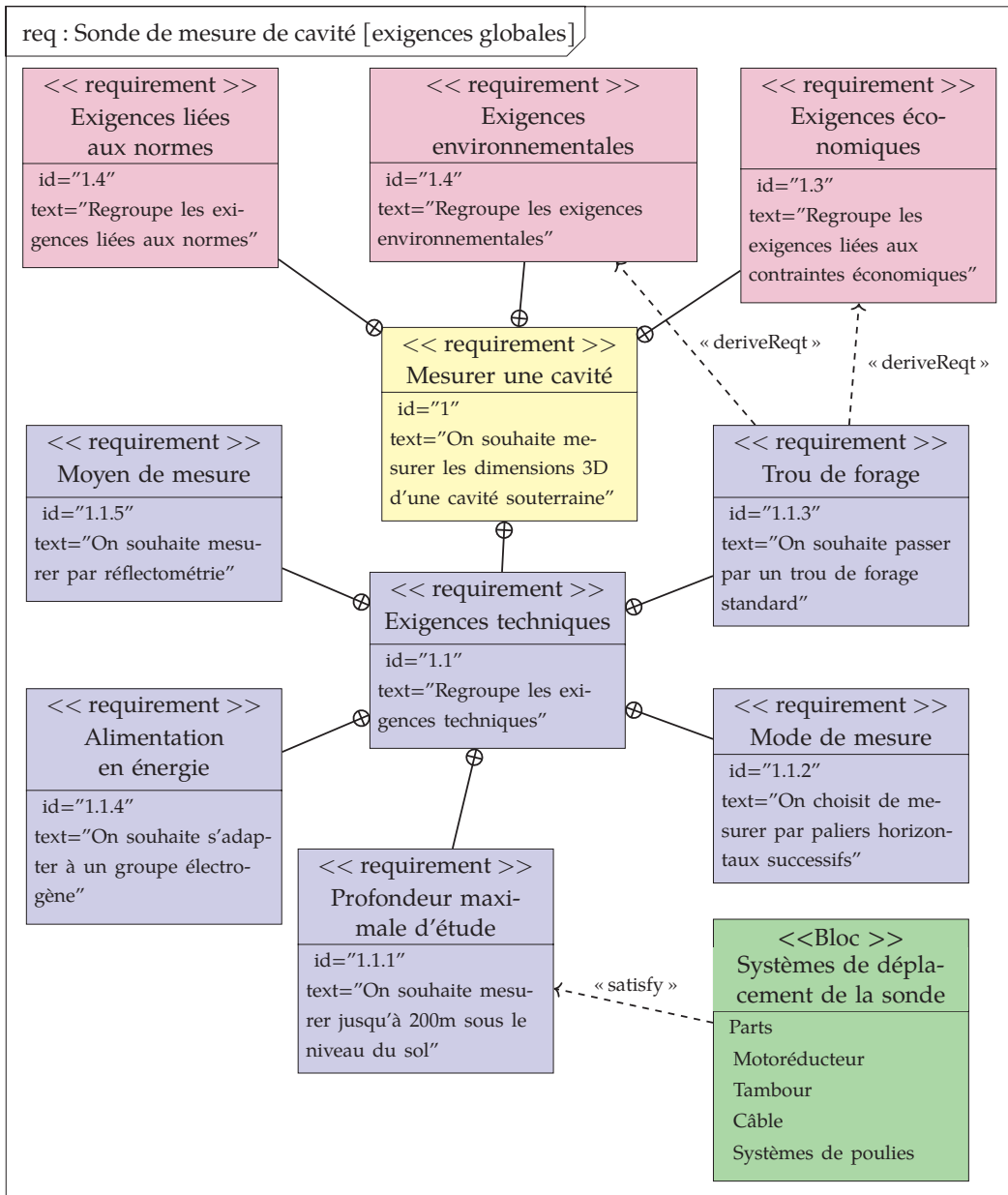


FIGURE 1.7 – Diagramme d'exigences

À partir de la description du fonctionnement et des différentes figures.

Q5. Compléter le diagramme de la figure 1.10 en indiquant les blocs composants le sous-ensemble : systèmes de déplacement de la sonde.

Q6. À partir de la description du fonctionnement et des différents documents, compléter la chaîne d'énergie et d'information de la figure 1.9 en vous limitant au système de déplacement.

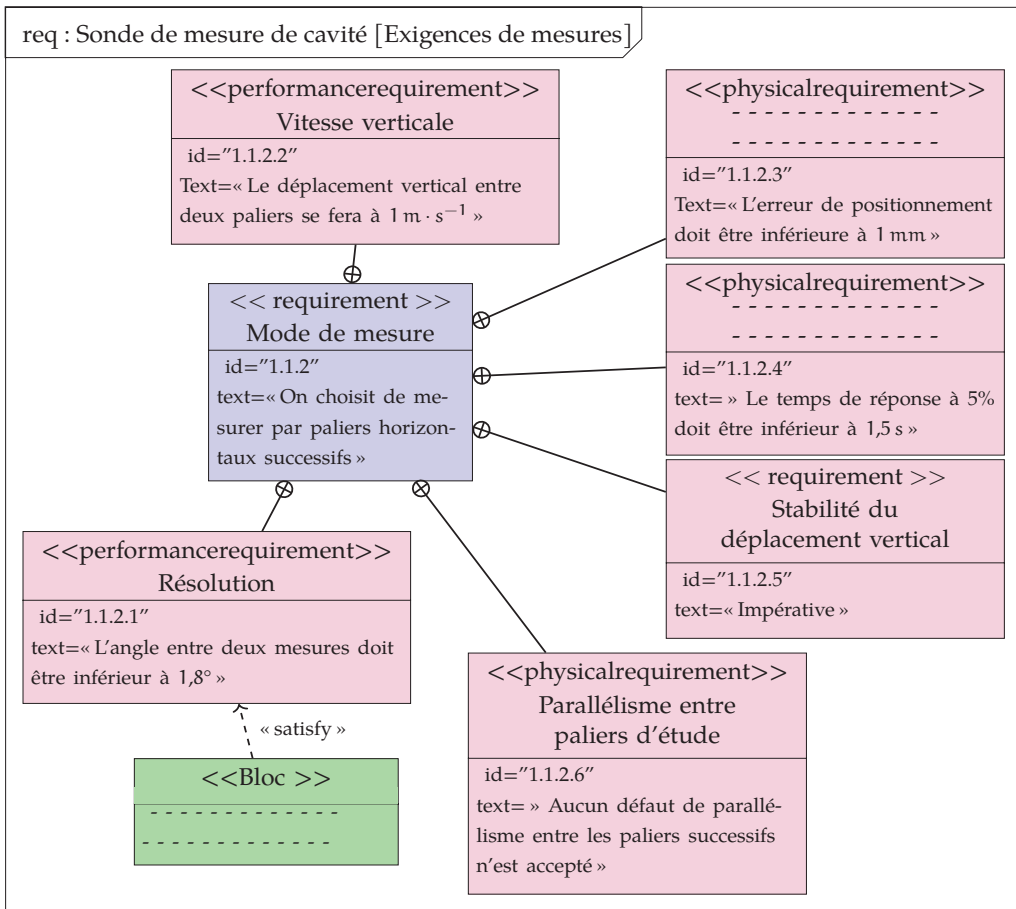


FIGURE 1.8 – Diagramme d'exigences partiel à compléter

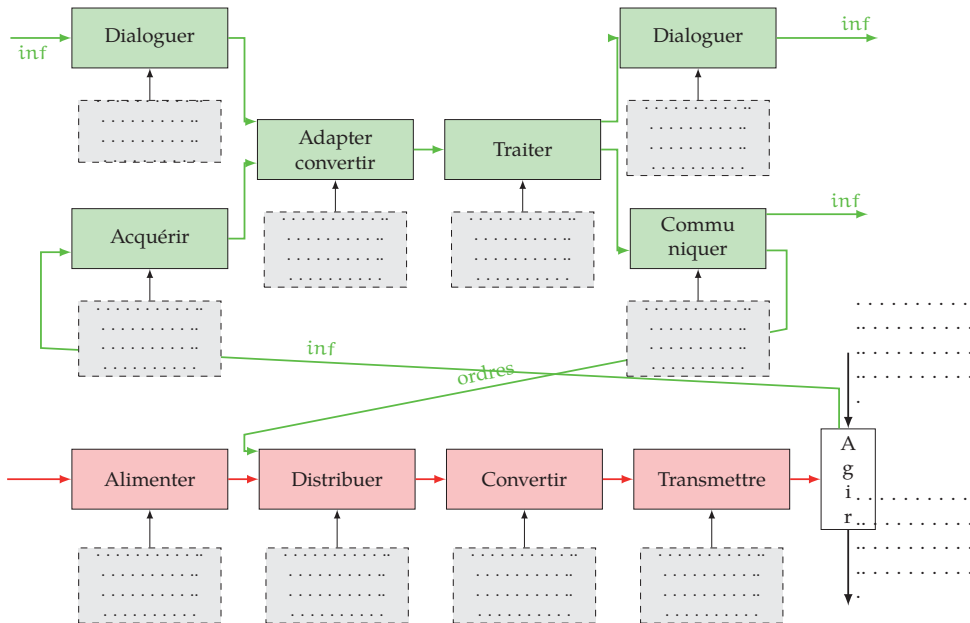


FIGURE 1.9 – Description des chaînes d'information et d'énergie

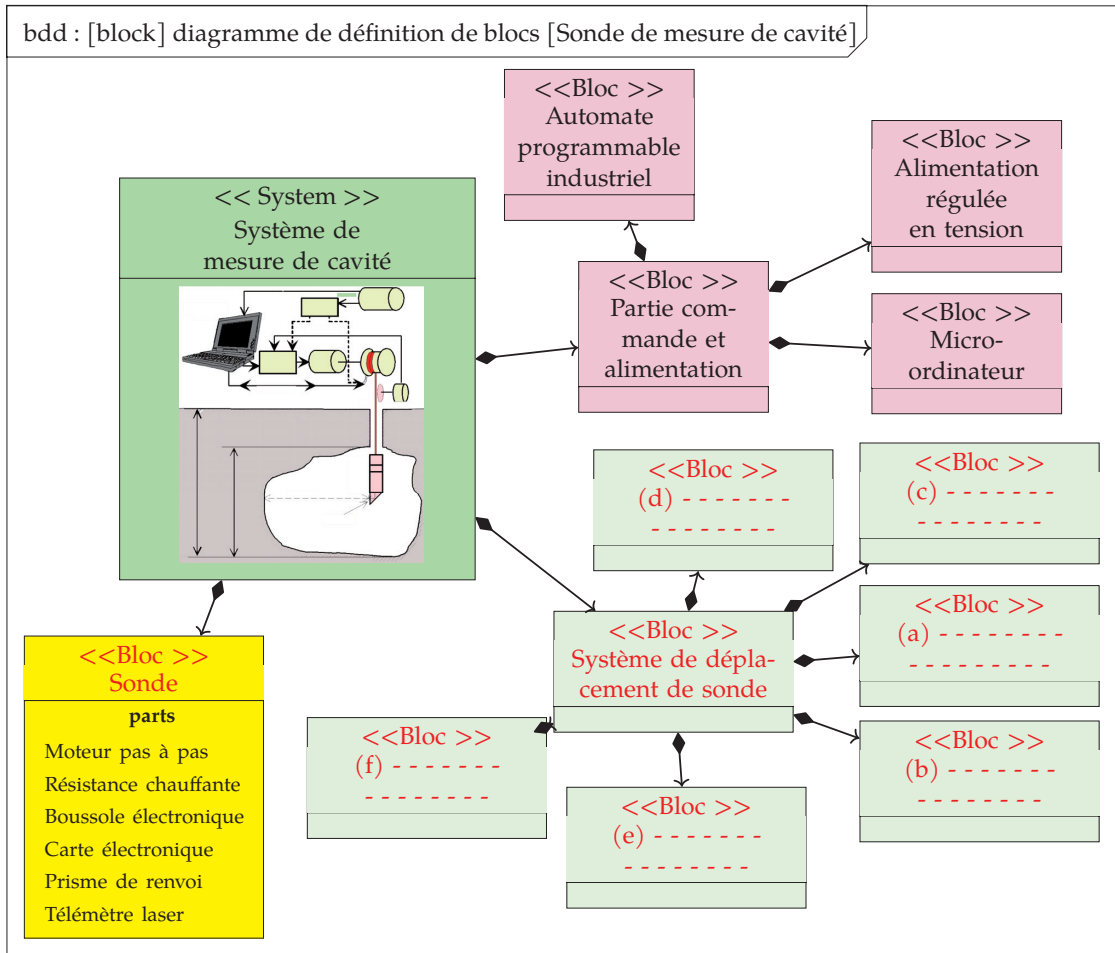


FIGURE 1.10 – Diagramme de définition de blocs à compléter

Exercice 2 - Simulateur de vol - Analyse fonctionnelle

Extrait de Icna 2012 - PSI

Corrigé page 21

Cet exercice se prolonge avec l'exercice Simulateur de vol - Compensateur de pesanteur page 173.

A. Présentation et problématique

A.1. Intérêt et principe de fonctionnement des simulateurs de vol

L'apprentissage du pilotage ou la qualification des pilotes sur un nouveau type d'appareil requiert de nombreuses heures de formation « en situation ».

À cet effet, le simulateur de vol (Figure 1.11a) se substitue avantageusement au vol réel, tant au niveau du coût de la formation que de l'étendue des situations qui peuvent être reproduites en toute sécurité.

Dans un simulateur, le pilote est isolé du monde extérieur et perçoit uniquement les informations que le simulateur lui communique.

Pour donner la sensation au pilote qu'il est dans un avion réel, le simulateur agit sur 3 aspects :

— Donner une vue de l'extérieur qui est le résultat de la simulation de vol. Ce résultat est visualisé sur des écrans LCD (Figure 1.11b) sensés représenter ce que l'on voit au travers des fenêtres du cockpit. Le cerveau du pilote perçoit au travers du système de vision les mouvements de l'avion. Il y

a cependant deux lacunes à cette perception : elle est lente et ne permet pas de sentir physiquement les effets de l'accélération.

— Faire subir au pilote les effets de l'accélération. Cette accélération est perçue par le système vestibulaire humain (cavité de l'oreille interne), un peu dans son intensité, mais surtout dans son orientation. Le simulateur devra donc s'orienter pour donner au pilote la sensation qu'il accélère.

La sonorisation reproduit exactement les bruits perçus dans le cockpit (bruit de moteur, bruit de l'air...).

La cinématique des simulateurs les plus complets est basée sur un hexapode (ou plate-forme de Stewart) doté de 6 axes. Ces simulateurs permettent de reproduire :

- les mouvements angulaires de roulis, tangage et lacet ;
- les déplacements longitudinaux, transversaux et verticaux.

Une solution moins coûteuse consiste à n'installer que 3 axes, de façon à ne reproduire que les mouvements principaux de l'avion : roulis, tangage et déplacement vertical.

C'est le principe du simulateur FLY-HO de la société 6mouv.

A.2. Analyse fonctionnelle

Les caractéristiques générales de ce simulateur, modulaire et facilement démontable, sont données dans les documents techniques DT1 et DT2. Le simulateur, constitué de 3 axes (*) M1, M2 et M3 d'architecture identique, ne nécessite qu'une alimentation électrique et requiert très peu de maintenance grâce à un choix de composants industriels qualifiés pour une durée de vie importante.

* Nota : on appelle « axe » un ensemble de composants liés à une mobilité du cockpit.



(a)



(b)

FIGURE 1.11 – Simulateur de vol

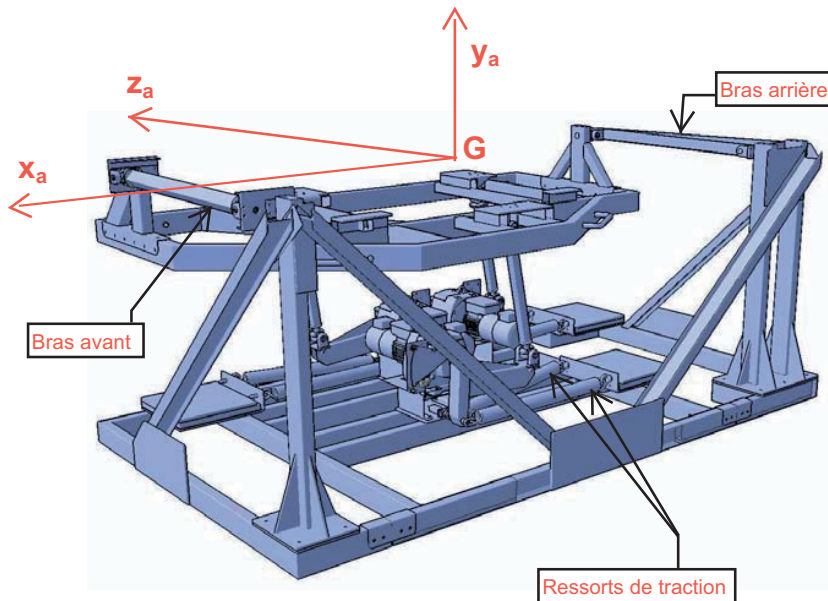


FIGURE 1.12 – Structure du simulateur de vol

Q1. En vous aidant du tableau des exigences 1.1 et des photos de la figure 1.13, compléter les chaînes d'énergie et d'information de l'axe M1.