

Table des matières

Présentation du projet	2
Cahier des charges.....	3
Cahier des Charges 1790-1	4
Cahier des Charges 1790-2	5
Cahier des Charges 1790-3	6
Spécifications	7
Diagrammes UML/SYSML	7
Contraintes de réalisation	9
Ressources mises à disposition des étudiants.....	10

Présentation du projet

Le SDIS 77 développe depuis quelques années (2003) une politique d'utilisation de moyens hélicoptérés dans le cadre de ses missions péri-opérationnelles et opérationnelles.

Ces missions aussi variées, que la reconnaissance aérienne, la recherche de personnes, la projection de spécialistes (GRIMP, plongeurs, équipes cynophiles...) ou le transport sanitaire hélicoptéré (TSH) impliquent l'ensemble des personnels opérationnels du SDIS 77.

La nécessité de réaliser des formations initiales et continues est primordiale au regard de ces missions.

L'utilisation des hélicoptères opérationnels à des fins de formation est rendu difficile, car ces derniers sont utilisés de plus en plus pour les missions de secours. La réalisation d'un simulateur sur la base d'une cellule d'hélicoptère pourra répondre aux exigences de formation, de disponibilités et de variété des scénarii de missions. De la formation à la navigation destinée aux officiers, à la sensibilisation aux règles de sécurité aux abords des aéronefs impliquant chaque sapeur-pompier en passant par la para médicalisation à bord d'un hélicoptère impliquant le personnel de santé, la simulation est aujourd'hui un outil incontournable en matière de formation.

Les objectifs de ce projet sont multiples :

- Formation des officiers sapeurs-pompiers à la navigation aérienne en les mettant en situation ;
- Familiarisation des personnels avec l'environnement physique d'un hélicoptère ;
- Entraînement à la réalisation des missions (reconnaisances, évaluations...).



Cahier des charges

Le projet, dans sa globalité, consiste à équiper une cellule réelle d'Alouette 3 (n°1790) appareil monoturbine mythique, de façon à permettre :

- L'envoi des informations des commandes de vol réelles du poste de pilotage vers un logiciel de simulation ;
- La diffusion des paramètres de vol des instruments vers la planche de bord du poste de pilotage via une interface numérique ;
- La projection des images de l'environnement externe de la cellule délivrées par le logiciel de simulation de vol sur un écran ;
- La reproduction de l'ambiance sonore intérieure de l'hélicoptère ;
- La communication interne (réseau Intercom) et externe (réseau radio).

La réalisation complète du simulateur est programmée sur 3 ans (durée de la mise à disposition de la cellule d'hélicoptère dans les locaux du lycée).

Cette première phase du projet (session 2016 du BTS SN-IR) concerne l'instrumentation des commandes de vol de la cellule, la reproduction d'instruments du tableau de bord et l'interfaçage de l'ensemble avec le progiciel de simulation X Plane.

Le travail à réaliser pour cette phase 1 est scindé en trois équipes :

- le projet 1790-1 (3 ou 4 étudiants) est relatif aux commandes de vol, actuateurs du progiciel de simulation ;
- le projet 1790-2 (4 étudiants) concerne les instruments du tableau de bord pilotés par les données

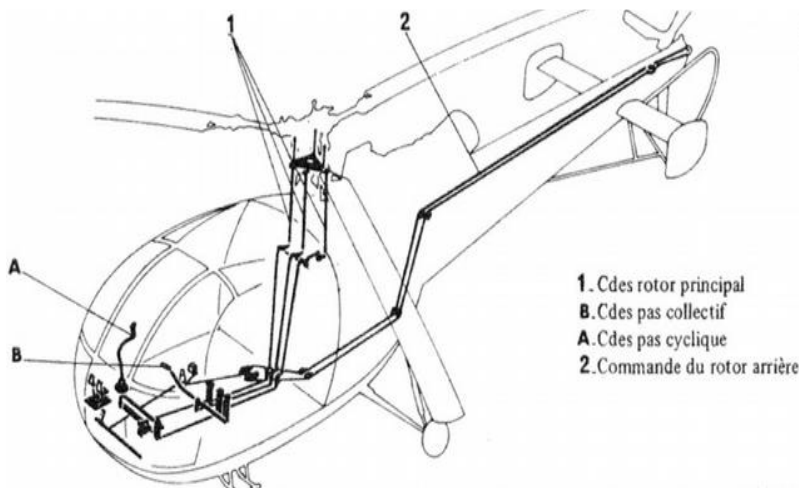
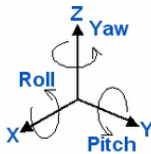
temps-réel fournies par le simulateur de vol ;

- le projet 1790-3 (4 étudiants) étend le précédent par le développement d'un module d'E/S permettant d'interfacer divers éléments de la cellule réelle (témoins lumineux, interrupteurs, potentiomètres...) avec le simulateur.

Cahier des Charges 1790-1

La cellule fournie par le client dispose des commandes de vol traditionnelles d'un aéronef à voilure tournante :

- levier de commande du pas collectif du rotor principal – *Altitude TZ* ;
- manche cyclique (inclinaison longitudinale et latérale du rotor principal) – *Roll RX* et *Pitch RY* ;
- palonnier de contrôle du pas du rotor arrière – *Yaw RZ*.



Ces quatre axes de contrôle du vol sont matérialisés mécaniquement par des bielles de renvoi jusqu'au combinateur, bielles situées sous le plancher de l'appareil. Les commandes de vol ont des débattements angulaires relativement faibles et il semble difficile, de part la mécanique d'origine, de placer des capteurs directement sur leurs axes respectifs ; par contre, les bielles transforment ces degrés de rotation en mouvement de translation avec une légère amplification...

Il est donc envisagé de placer des capteurs de déplacement liés aux bielles ; ces capteurs peuvent par exemple être de type potentiomètre à câble. Ces types de capteurs, en version industrielle, ont cependant un coût élevé (exemples : wireSENSOR ref. MK30 analogique, LME-France ref. LX-PA, Scaime ref. SM1).

La mise en place des capteurs sur la cellule sera assurée par l'équipe enseignante.

Le simulateur de vol retenu est X Plane version 10 ou supérieure. Ce progiciel professionnel est conçu pour recevoir les informations de contrôle d'attitude des aéronefs via une manette de jeu multi-axes.

L'enjeu du projet 1790-1 est donc de concevoir un « joystick » capable de récupérer les positions angulaires des commandes de vol de l'Alouette III et de se comporter comme un périphérique standard USB/HID.

Pour cette phase 1 de l'étude, chaque capteur pourra être prototypé par un simple potentiomètre rotatif linéaire couplé à un tambour lui-même entraîné en rotation au moyen d'un câble fixé sur la bielle. Le système embarqué « joystick » sera constitué d'un module Arduino Uno.

Une analyse chiffrée doit être effectuée pour chacun des quatre axes : de la position angulaire absolue des commandes jusqu'aux angles de pas des pales principales et secondaires. Cette étude servira à termes à la mise en place d'un instrument spécifique aux hélicoptères : l'indicateur/calculateur de pas (hors phase 1).

Le système développé doit favoriser un réglage aisé des capteurs (valeurs extrêmes, point de repos ...) ; le client prévoit en effet d'hors et déjà une évolution du produit vers une cellule d'hélicoptère plus moderne (type EC145).

La structure du « joystick » doit aussi permettre d'évoluer dans le futur vers un nombre d'axes plus important, par exemple pour intégrer d'autres commandes telles que le débit (commande lié à la turbine) ; et vers la prise en charge de boutons, par exemple pour prendre en charge ceux situés sur les manettes du manche cyclique et du collectif.

Cahier des Charges 1790-2

Le tableau de bord principal de la cellule fournie par le client est dépourvu de tout instrument. La configuration d'origine de la machine SA316B est en général la suivante :



Instruments gyroscopiques :

3 – indicateur d'assiette (horizon artificiel)

11 – indicateur de virage/dérapiage (bille)

7 – conservateur de cap

Instruments utilisant la pression statique :

1 – indicateur d'altitude (altimètre)

2 – indicateur de vitesse verticale (variomètre)

4 – indicateur de vitesse (anémomètre)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
			13

Instruments de navigation :

5 – VOR

6 – ILS

Autres instruments :

8 – indicateur/calculateur de pas

13 – horloge/chronomètre

L'illustration ci-dessus présente un exemple de configuration réelle.

Les instruments de base, communs à tous les aéronefs, sont nommés « *the standard six* » :

<i>standard</i>	<i>SA316B</i>	<i>primary information</i>	<i>adjustment</i>
ALT : Altimeter	1	altitude (m, ft)	reference pressure (QNH)
VSI : Vertical Speed Indicator	2	rate of climb / descent (m/s, ft/min.)	
AH : Artificial Horizon	3	pitch and roll	reference 'wing bars' up or down
ASI : AirSpeed Indicator	4	air speed (km/h, kts)	TAS (True AirSpeed) scale
DG : Directional Gyro	7	heading	heading 'bug'
TC : Turn Coordinator	11	rate of turn, sideslip	

Le pupitre d'origine a une largeur utile d'environ 410 mm, une hauteur de 230 mm pour les deux premières rangées (emplacements 1 à 8) et une hauteur de 40 mm pour la troisième rangée. Un masque en tôle sert à la fixation des instruments (trous de diamètre 80 mm). La solution retenue, en accord avec le client, consiste à remplacer ces instruments par une représentation virtuelle dynamique sur un écran standard ; écran sur lequel sera placé un masque à trous afin de reproduire au mieux le tableau de bord d'origine ; les coins supérieurs arrondis interdisent en effet la mise en place d'une dalle graphique à l'intérieur du pupitre.

La réalisation et mise en place du masque seront assurées par l'équipe enseignante.

Le simulateur de vol retenu est X Plane version 10 ou supérieure. Ce progiciel professionnel est capable de fournir périodiquement, sous forme de datagrammes UDP/IP (X Plane Datarefs), toutes les informations nécessaires à l'animation des instruments de vol.

L'objectif du projet 1790-2 est donc de développer une application dédiée (C++/Qt) assurant le dessin et l'animation d'instruments sans réglages (VSI + AH + DG + TC) à partir des données temps-réel fournies par le progiciel X Plane.

L'application doit être conçue de manière à accepter facilement l'intégration d'autres instruments ; les dimensions, le positionnement (relatif et/ou absolu) sur la dalle écran et les Datarefs associés de chaque instrument doivent être paramétrables (par exemple par fichier de configuration type CSV).

Cahier des Charges 1790-3

Comme explique dans le CdC 1790-2, le tableau de bord principal se verra superposer un écran standard et un masque a trous ; ce dernier sera équipé de potentiomètres pour les instruments réglables et de voyants et/ou interrupteurs pour les emplacements 9, 10 et 12.

La cellule possède par ailleurs son tableau de commandes <<plafond>>intact →



Le projet 1790-3 est complémentaire du projet 1790-2.

Son premier objectif est de permettre la remise en service de divers éléments des tableaux de bord tels que les voyants d'alarme ou autres interrupteurs. La liste de ces éléments inclut les organes de réglage des instruments de vol.

La solution retenue consiste à réaliser un module embarqué de gestion d'E/S, sur base Arduino, se comportant comme un esclave Modbus/IP. Ce module sera ainsi aisément duplicable pour augmenter le nombre d'éléments des tableaux de bord pris en charge. Le module esclave doit, pour ce premier exemplaire, permettre au minimum de gérer 2 entrées analogiques (réglages d'instruments) et 12 E/S TOR (emplacements 9,10 et 12). Le deuxième objectif du projet 1790-3 est de compléter <<the standard six >> par le développement des instruments réglables ALT (réglage QNH) et ASI (réglage TAS).

Spécifications

Diagrammes UML/SYSML

Vue globale <<client >>:

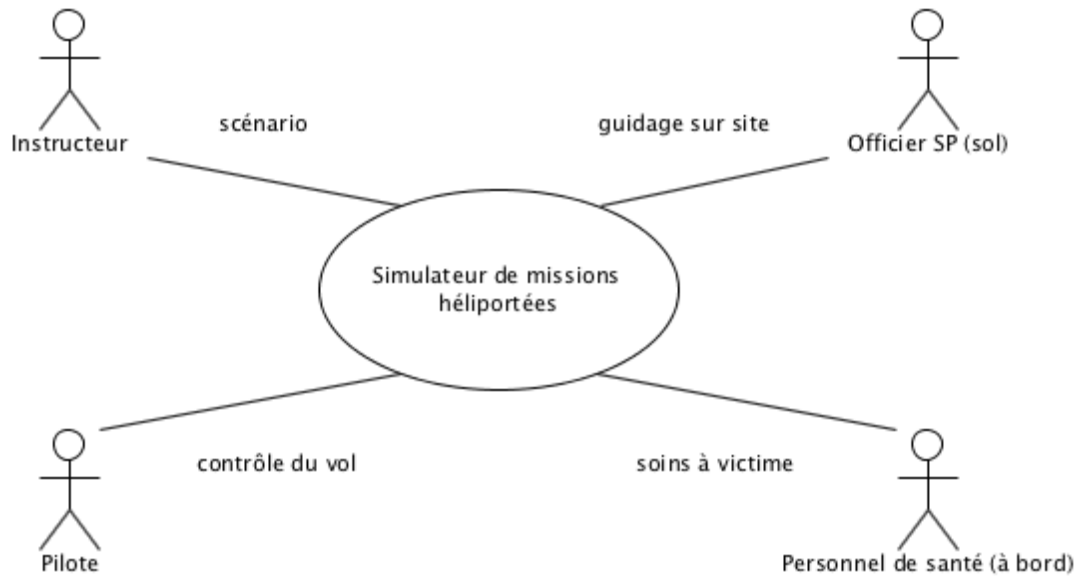


Diagramme de cas d'utilisation phase 1 :

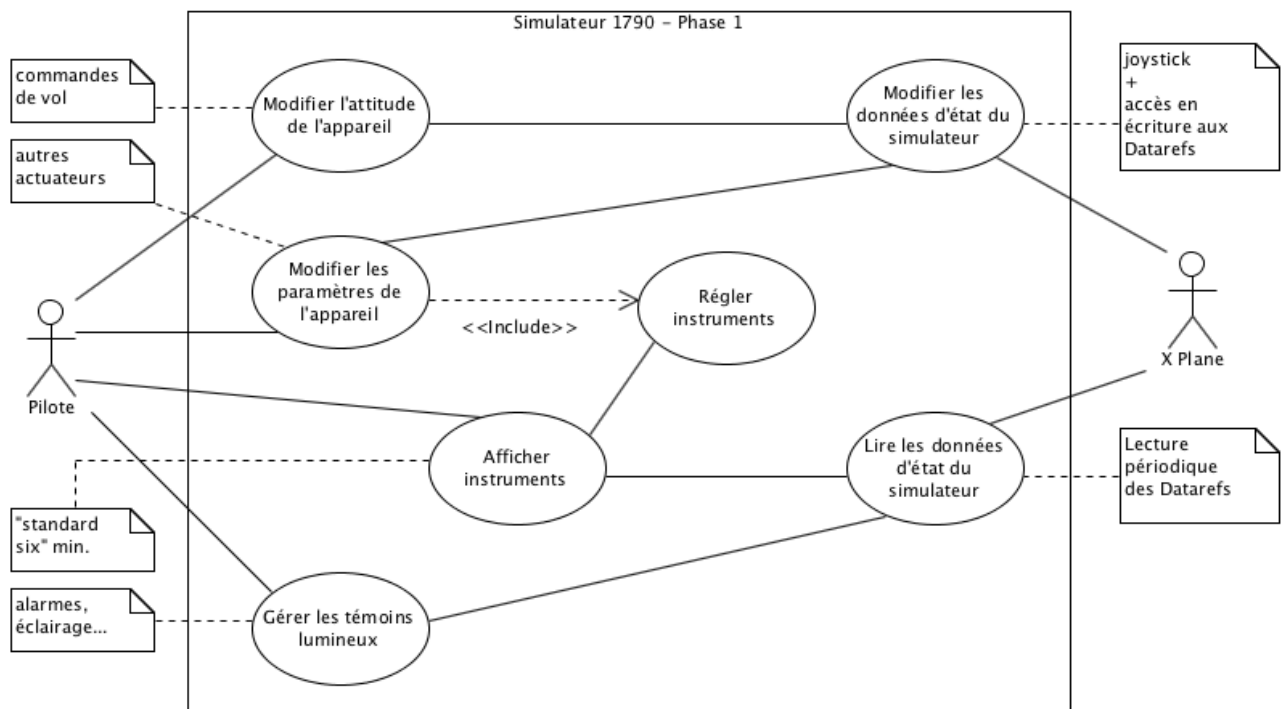
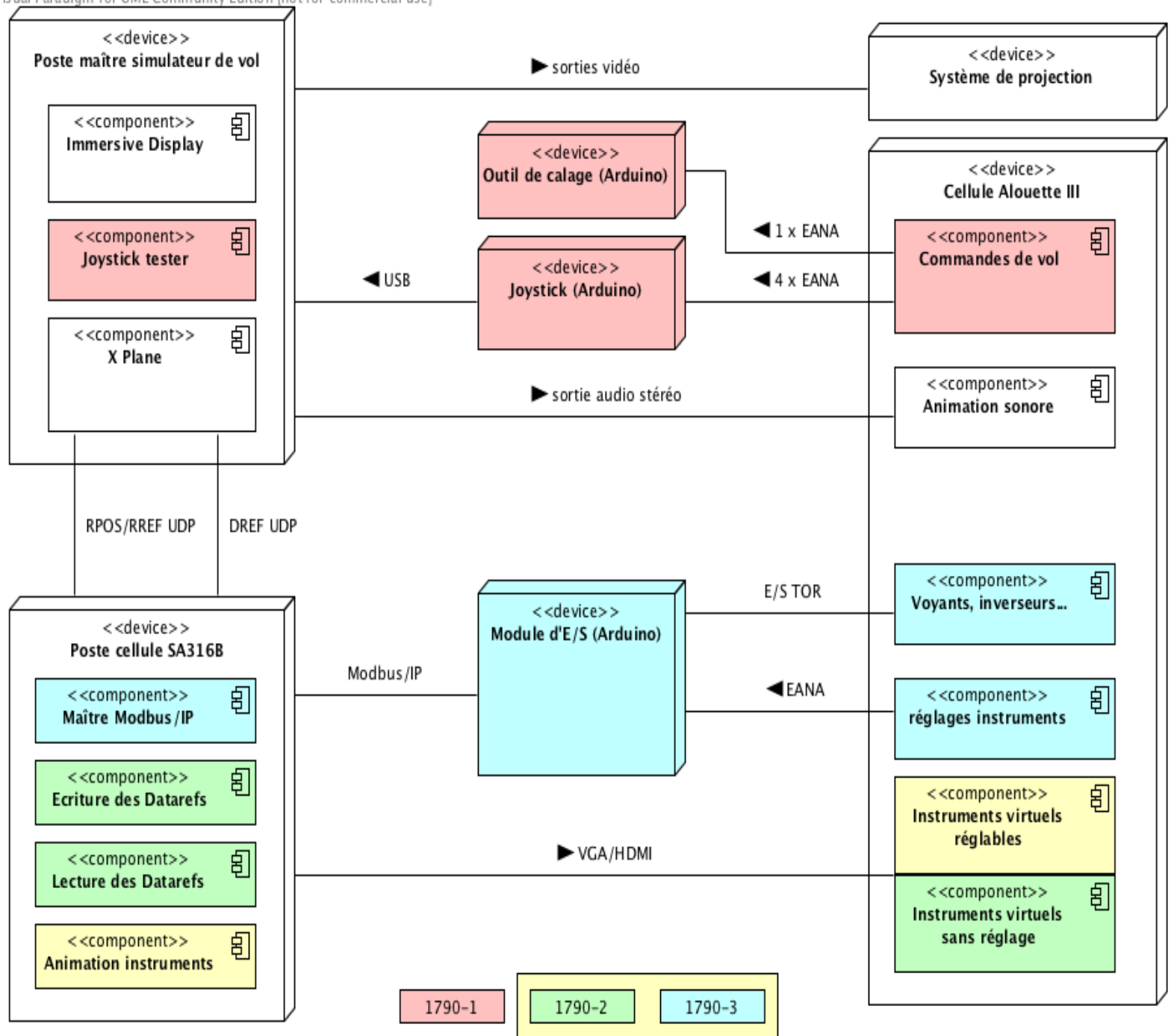


Diagramme de déploiement phase 1 :

Visual Paradigm for UML Community Edition [not for commercial use]



Contraintes de réalisation

Contraintes financières (budget alloué) :

Phase 1 : Financement de l'ordre de 6000 € par le SDIS77 pour l'achat d'un poste dédié au simulateur de vol

X Plane avec carte graphique disposant de plusieurs sorties, de deux video-projecteurs adaptés et des licences logicielles X Plane 10 et Immersive Display (devis établi par l'équipe enseignante).

Contraintes de développement (matériel et/ou logiciel imposé / technologies utilisées) :

Phase 1 : Poste de simulation sous S.E. Windows, tableau de bord virtuel matérialisé par un écran standard, prototypage à moindre coût des capteurs de commandes de vol (faisabilité).

Ecran de projection de forme cylindrique sur min. 110°, 2 mètres de haut, réalisé par le lycée.

Contraintes qualité (conformité, délais...) :

Phase 1 : Courant mai/juin, tests en vol avec X Plane (validation prévue par pilote breveté du SDIS), commandes de vol réelles opérationnelles et réalistes, instruments mis à jour en temps réel.

Contraintes de fiabilité, sécurité :

Phase 1 : Pérennité des chaînes d'acquisition des commandes de vol, facilité de maintenance/réglage.

Ressources mises à disposition des étudiants

Documentation spécifique :

- Manuel d'instruction SA316B (Alouette III) tomes 1 & 2 ;
- Manuel de vole SA316B
- Getting/Setting Data from/to X-Plane
- Modbus Messaging Implementation Guide

Ressources matérielles :

- Cellule d'Alouette III n°1790, avec commandes de vol (collectif, manche cyclique et palonnier) mais dépourvue de ses instruments d'origine ;
- Capteurs angulaires potentiométriques ;
- Poste maître «simulateur de vol »équipe de son système de vidéo-projection et d'une sortie audio stéréo ;
- Poste embarque S.E. Linux à installer/configurer ;
- Modules Arduino

Ressources logicielles :

- Logiciel X Plane version 10 ou supérieure ;
- Logiciel Immersive Calibration / Immersive Display ;
- Environnement de développement C++/Qt version 5.5 ou supérieure ;
- Classe Qt de base QFlightInstrument ;
- Ensemble d'outils et de classes Qt «Modbus over IP »;
- Outil de développement pour Arduino ;
- Librairie «Modbus over IP »pour Arduino ;
- Librairie(s) «joystick »pour Arduino (projets Arduino-usb, unojoy ...).