



Brevet de Technicien Supérieur
SN_{IR}



Session 2016

Lycée Polyvalent Touchard-Washington

Projet : *Équilibreuse*

Membres de l'équipe :

Alexandre BLERIOT, Nicolas BRAULT, Thibault LEGENDRE, Yoan VILATTE

Dossier Technique du Projet

~ Partie Commune ~

Analyse et Conception préliminaires

Table des matières

1 -ANALYSE DE L'EXISTANT.....	4
1.1 -PRÉSENTATION DE LA MAQUETTE D'ÉQUILIBRAGE.....	4
1.1.1 -Synoptique général du système.....	4
1.1.2 -Le codeur incrémental.....	4
1.1.3 -Le moteur.....	5
1.1.4 -L'interface de puissance.....	5
1.1.5 -Les jauges de contraintes.....	5
1.1.6 -Amplificateur conditionneur.....	6
1.1.7 -Le volant à équilibrer.....	7
1.1.8 -Le capot.....	7
1.1.9 -Le boîtier d'acquisition.....	7
1.2 - CONTRAINTES DIVERSES EXPRIMÉES PAR LE DEMANDEUR.....	8
1.2.1 -Données à visualiser.....	8
1.2.2 -Données à enregistrer.....	8
1.2.3 -Données à imprimer.....	8
1.2.4 -Données de configuration.....	8
2 -SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES.....	9
2.1 -CATALOGUE DES ACTEURS.....	9
2.2 -DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION.....	9
2.3 -CAS D'UTILISATION « RÉALISER UNE EXPÉRIENCE ».....	10
2.3.1 -Description du cas d'utilisation.....	10
2.3.2 -Diagramme de séquence.....	10
2.4 -CAS D'UTILISATION « AFFICHER GRAPHIQUEMENT ».....	11
2.4.1 -Description du cas d'utilisation.....	11
2.4.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	11
2.4.3 -Diagramme de séquence.....	12
2.5 -CAS D'UTILISATION « PRENDRE L'ORIGINE ».....	12
2.5.1 -Description du cas d'utilisation.....	12
2.5.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	13
2.5.3 -Diagramme de séquence.....	13
2.6 -CAS D'UTILISATION « ACQUÉRIR DES DONNÉES ».....	14
2.6.1 -Description du cas d'utilisation.....	14
2.6.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	14
2.6.3 -Diagramme de séquence.....	14
2.7 -CAS D'UTILISATION « AJUSTER LA VITESSE DU MOTEUR ».....	15
2.7.1 -Description du cas d'utilisation.....	15
2.7.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	15
2.7.3 -Diagramme de séquence.....	16
2.8 -CAS D'UTILISATION « SURVEILLER L'ÉTAT DU CAPOT ».....	17
2.8.1 -Description du cas d'utilisation.....	17
2.8.2 -Diagramme de séquence.....	17
2.9 -CAS D'UTILISATION « ENREGISTRER L'EXPÉRIENCE ».....	18
2.9.1 -Description du cas d'utilisation.....	18
2.9.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	18
2.9.3 -Diagramme de séquence.....	18
2.10 -CAS D'UTILISATION « CHARGER UNE EXPÉRIENCE ».....	19
2.10.1 -Description du cas d'utilisation.....	19
2.10.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	19
2.10.3 -Diagramme de séquence.....	19
2.11 -CAS D'UTILISATION « VISUALISER LES DONNÉES ».....	20
2.11.1 -Description du cas d'utilisation.....	20
2.11.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	20
2.11.3 -Diagramme de séquence.....	21
2.12 -CAS D'UTILISATION « AFFICHER EN TABLEAU ».....	21
2.12.1 -Description du cas d'utilisation.....	21
2.12.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	23
2.12.3 -Diagramme de séquence.....	23
2.13 -CAS D'UTILISATION « Éditer un rapport de mesures ».....	24

2.13.1 -Description du cas d'utilisation.....	24
2.13.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	24
2.13.3 -Diagramme de séquence.....	25
2.14 -CAS D'UTILISATION « CONFIGURER LE SYSTÈME EXPÉRIMENTAL ».....	26
2.14.1 -Description du cas d'utilisation.....	26
2.14.2 -IHM associée au cas d'utilisation.....	26
2.14.3 -Diagramme de séquence.....	27
3 -CONCEPTION PRÉLIMINAIRE.....	28
3.1 -STRUCTURE DES DONNÉES ÉCHANGÉES ENTRE LES DIFFÉRENTES PARTIES DU SYSTÈME.....	28
3.2 -ARCHITECTURE LOGICIELLE DE L'APPLICATION.....	28
3.3 -ARCHITECTURE MATÉRIELLE.....	31
3.3.1 -Plan de câblage.....	31
3.3.2 -Description de la connectique.....	31
4 -PLANIFICATION.....	32
5 -CONCLUSION.....	33

1 - Analyse de l'existant

1.1 - Présentation de la maquette d'équilibrage

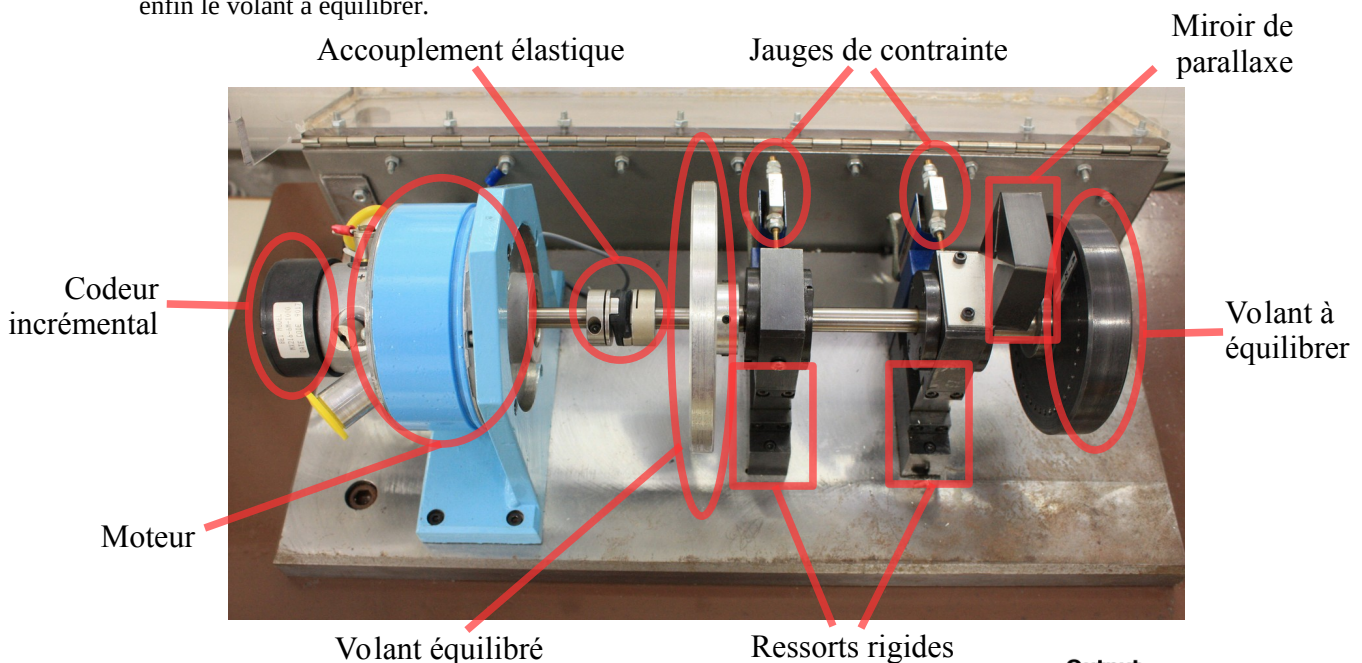
1.1.1 - Synoptique général du système

Le système est une maquette pour l'étude de l'équilibrage de turbines d'avion. Il comporte un PC sous Windows, une carte d'acquisitions déportées NI6211 de la société National Instruments reliée par une liaison USB et la partie opérative avec le volant à équilibrer.

Le système est chargé, en fonction de la position angulaire, de relever l'intensité des efforts au niveau des paliers de roulement supportant l'axe en rotation par l'intermédiaire de Jauges de contraintes. La force exercée étant proportionnelle à la vitesse, la mesure n'est valide que lorsque la vitesse est stabilisée. Afin de ne pas détériorer les capteurs, cette vitesse doit être limitée en fonction du modèle de jauge.

L'intensité des efforts et la vitesse seront affichées sur l'écran de l'ordinateur dans une application graphique. Lorsque la vitesse est stable, on pourra alors figer les mesures, les enregistrer sous forme de fichier, les exporter au format CSV ou établir un rapport d'expérience au format PDF.

La figure suivante présente la partie opérative du système. De gauche à droite, on trouve un codeur incrémental associé au moteur, un premier volant qui peut être utilisé pour perturber la rotation de l'axe. Viennent ensuite les deux paliers avec les jauges de contraintes, un miroir de parallaxe pour positionner l'origine des courbes, puis enfin le volant à équilibrer.



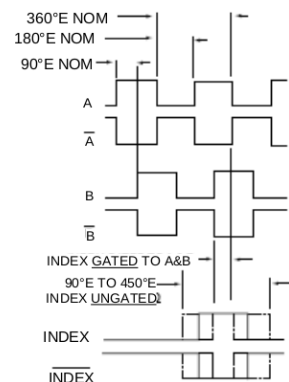
1.1.2 - Le codeur incrémental

Le codeur incrémental **MX216-6M-1000** est un codeur incrémental 1000 points par tour. Il est alimenté en 5V (±5 %). Il dispose de six sorties au niveau TTL : A, \bar{A} , B, \bar{B} , INDEX et \bar{INDEX} .

Connecteur HE10 du codeur :

Broche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Couleur		Rouge	Noir		Blanc	Bleu	Blanc/Noir	Vert	Rouge/Noir	Orange
Signal	NC	+5V	GND	\bar{NC}	\bar{A}	A	\bar{B}	B	\bar{INDEX}	INDEX

Output Waveform



1.1.3 - Le moteur

Le moteur à courant continu **HPR 33VM62-200-71** de la marque **PortEscap** est alimenté sous une tension variable entre 0 et 24V avec un courant nominal de 6,4A . Sa vitesse nominale peut atteindre 3800 tours par minute. La vitesse du moteur est proportionnelle à la tension de sortie de l'interface de puissance **MRM 0606** qui le pilote.

1.1.4 - L'interface de puissance

L'interface de puissance **MRM 0606**, grâce à ses amplificateurs quatre quadrants, peut fournir une tension de sortie variable jusqu'à 60V pour un courant nominal de 6A. Elle est commandée par une entrée différentielle qui agit proportionnellement sur la tension de sortie. Une entrée de contrôle permet d'inhiber le fonctionnement de cette interface. Pour fonctionner, une première alimentation fournit une tension de 24V pour le bus, une seconde alimente l'électronique de l'interface en +15 -15V.

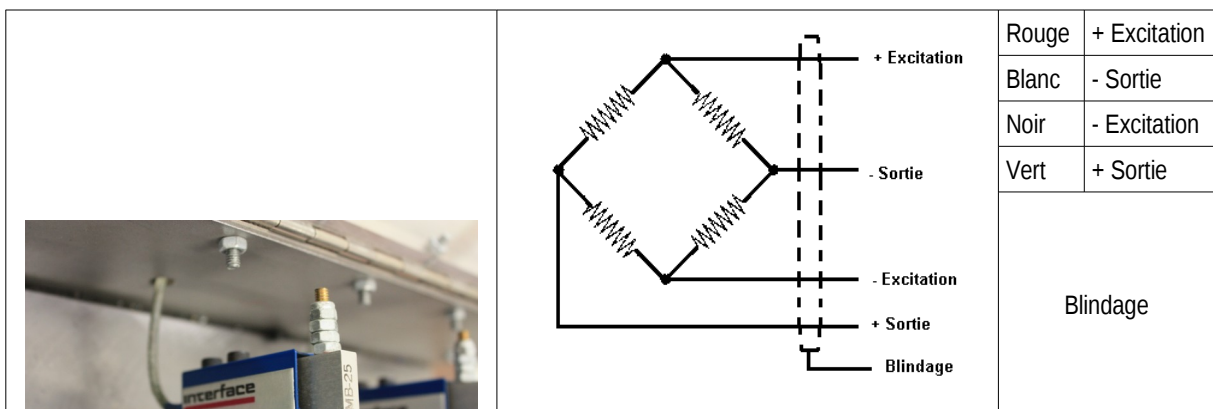
Brochage du connecteur :

PIN	Signal direction	Function	Remark
1	- IN	Set value	differential , Ri = 20 K Ω , max. input voltage 20 V ,max. input Voltage to GND +/- 30 V
2	+ IN		
3	+ IN	Tacho input	differential, Ri = 54 K Ω , max. input voltage 65 V , max. input voltage to GND +/- 70 V Att. BEMF control for output voltage higher then 60V add. R211/212 s.table10.5 !
4	- IN		
5	IN	Enable	negative Logic : open Drive disable 0V (GND) Drive enable Attention ! do not connect to source positive Logic : open or 0V(GND) Drive disable + 24 V Drive enable
6	OUT	drive healthy signal	relay contact closed if Drive OK
7	OUT		
8	IN	+ 15 V	Auxiliary Voltage (max. consumption 160mA)
9		0V _E (GND)	Electronic ground
10	IN	- 15 V	Auxiliary Voltage (max. consumption 160mA)
11	+ OUT	Motor A1	notice diameter , never short to ground or A2 or power input
12	- OUT		
13	IN	+ Ucc/AC	DC Bus voltage
14	IN	- Ucc/AC	

1.1.5 - Les jauges de contraintes

Les jauges de modèle **MB-25** de la société **Interface** permettent de mesurer un effort jusqu'à 25 lbs soit converti en unité de mesure de masse dans le système international : 11,3398 kg. Elles possèdent une précision de 0,01 % ainsi qu'une très bonne linéarité. Afin de ne pas détériorer les capteurs, la vitesse du moteur doit être limitée à 2000 tr.min⁻¹ pour cette application.

Chaque jauge forme un pont de Wheatstone qui produit une tension proportionnelle à la sensibilité du capteur soit une tension de l'ordre de 3 mV/V pour 25 lbs. Chacune possède une sensibilité différente, elle est indiquée sur la fiche accompagnant le capteur ou doit être déterminée pour des poids étalons.



La jauge MB-25 est alimentée par une tension d'excitation de 10 Volts, comme le soit 25 lbs, la tension de sortie est 33,54 mV. Les autres valeurs de charges sont proportionnelles à cette valeur.

1.1.6 - Amplificateur conditionneur



Afin d'exciter les jauges de contraintes et d'adapter le signal de sortie, deux conditionneurs **SM18 – GAGE** sont nécessaires. Ils doivent être alimentés par une alimentation en courant continu comprise entre 18 et 36V DC. Pour le cas présent, une alimentation de 24V est retenue.

Chaque conditionneur délivre une tension d'excitation de 5V ou 10V, la documentation des capteurs MB-25 préconise une tension de 10V. Un cavalier permet d'ajuster le conditionneur à la sensibilité des capteurs entre 0,1mV/V et 10mV/V. Dans le cas présent, la sensibilité des capteurs est juste supérieure à 3mV/V, la gamme 4 est donc retenue. La sortie peut se faire au choix soit en courant 4-20mA ou 0-20mA, soit en tension $\pm 10V$, c'est cette dernière solution qui est retenue pour attaquer le convertisseur analogique numérique de la carte d'acquisition déportée NI6211.

Le zéro est ajustable par potentiomètre ou par cavalier. Le gain permet de déterminer la valeur de sortie en fonction de la sensibilité du capteur et de la tension souhaitée pour une valeur pleine échelle. Le bouton poussoir de calibrage injecte une tension déterminée appelée cran de calibrage. Pour la gamme 4, ce cran de calibrage est de 3mV, ainsi un simple rapport de proportionnalité permet de déterminer le gain de l'amplification.

Formule de calcul : $U_c = \text{Cran de calibrage} / \text{Sensibilité du capteur} * \text{Tension souhaitée à pleine échelle}$.

ce qui correspond pour une jauge avec une sensibilité de 3,348mV/V à $U_c = 3 / 3,348 * 10 = 8,96V$ à la sortie du conditionneur. Le tableau suivant illustre cet exemple :

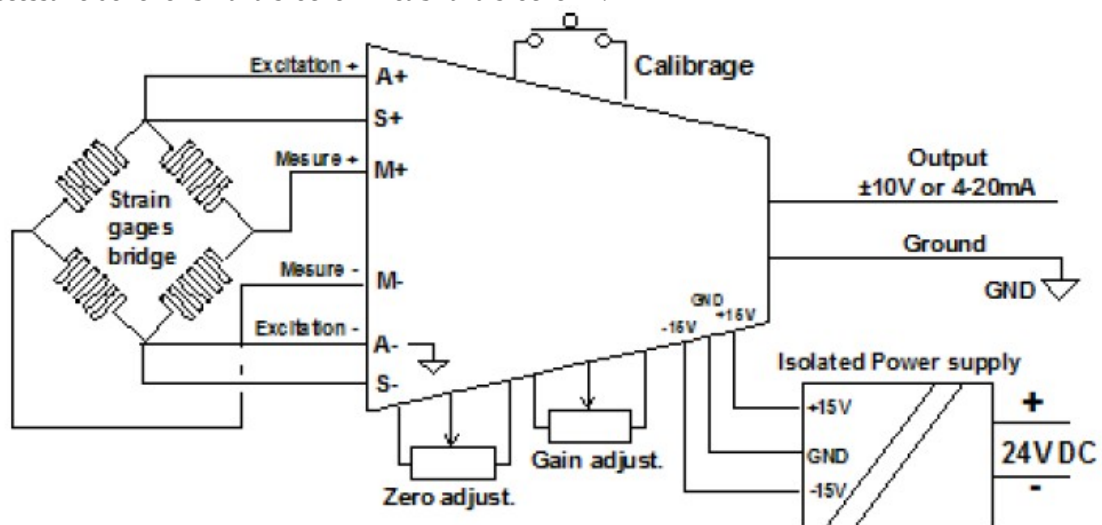
Excitation des jauges	Valeur pleine échelle pour les jauges MB-25	Tension mesurée à la sortie des jauges	Tension souhaitée pour la valeur pleine échelle à la sortie du conditionneur	Tension de calibrage recherché pour 3mV U_c
10V	25 lbs	33,48mV	+10V	+8,96V

Avec cette première méthode, la sensibilité du capteur et la tension pleine échelle sont nécessaires pour la conversion de Volt en Newton. L'avantage de cette méthode de calibrage est qu'elle ne nécessite pas le démontage des jauges.

L'autre méthode consiste à appliquer un poids déterminé sur la jauge et de régler le gain pour obtenir la valeur souhaitée pour cette masse à la sortie du conditionneur, par exemple 5kg équivaut à 5V. Dans ce cas, ces deux valeurs sont utilisées pour la conversion de Volt en Newton.

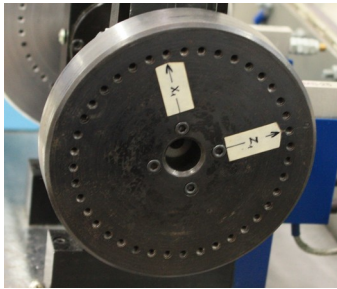
Dans les deux cas, il peut être nécessaire de multiplier la valeur obtenue par 9,81 pour convertir des kilogrammes en Newton.

Ce type de conditionneur permet le montage de capteurs 4 ou 6 fils. La jauge MB-25 étant un capteur 4 fils, il est nécessaire de relier S+ à la broche A+ et S- à la broche A-.



Blindage du câble sur A- ou GND

1.1.7 - Le volant à équilibrer



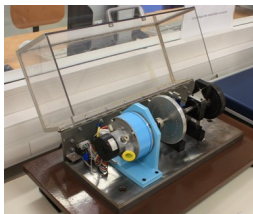
Le volant à équilibrer dispose de 40 trous répartis de manière circulaire sur la surface où peuvent être disposés de chaque côté, des masselottes pour l'équilibrer.

Le codeur disposant de 1000 pts/tr, le nombre de points retenus pour le tracé des courbes doit être un multiple de 40 et un sous-multiple de 1000. La valeur retenue est 200, soit une précision de $1,8^\circ$.

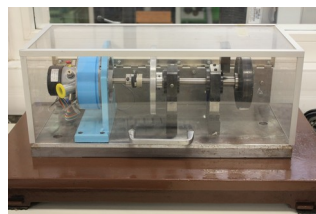
La vitesse du volant doit être comprise entre 1000 et 2000 tr.min⁻¹ soit une fréquence comprise entre 16 et 33 Hz environ pour avoir des mesures représentatives.

1.1.8 - Le capot

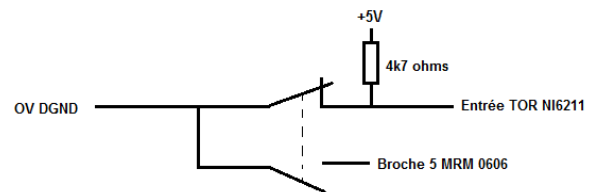
Le capot dispose d'un contact « tout ou rien » permettant d'informer le système de l'ouverture ou la fermeture de celui-ci. Pour des raisons de sécurité, le moteur ne peut être en marche que lorsque le capot est fermé. Si on l'ouvre alors que le moteur est en marche, il doit s'arrêter immédiatement. La broche 5 de l'interface de puissance MRM 0606 permet une sécurité électrique. Le logiciel ayant également besoin de cette information, le schéma suivant représenté « capot ouvert » s'impose :



Capot ouvert



Capot fermé



1.1.9 - Le boîtier d'acquisition

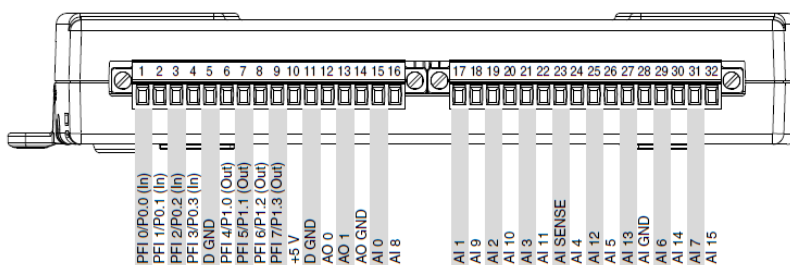
Le boîtier d'acquisition NI USB 6211 de la marque National Instruments possède 16 entrées analogiques simples ou 8 entrées différentielles permettant une conversion sur 16 bits avec un maximum de 250K échantillons par seconde, 2 sorties analogiques disposant des mêmes caractéristiques, 4 entrées digitales, 4 sorties digitales et 2 compteurs 32 bits.

Si la vitesse est à son maximum 2000 tr.min⁻¹ soit 33 Hz en se basant sur les 1000 points du codeur pour effectuer l'échantillonnage la fréquence sera de 33000 échantillons par seconde, compatible avec les possibilités de la carte.

La mémoire embarquée dans le boîtier permet de stocker 4095 échantillons soit l'équivalent de 2 tours pour les 2 voies une pour chaque jauge.

Soit : 2 tours * 1000 échantillons * 2 jauges, soit 4000 valeurs sur 16 bits.

Les convertisseurs possèdent quatre gammes de tension pour effectuer l'échantillonnage $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 1V$, $\pm 200mV$.



1.2 - Contraintes diverses exprimées par le demandeur

1.2.1 - Données à visualiser

L'intensité des efforts est exprimée en Newton avec une précision du dixième de Newton. Certaines valeurs caractéristiques sont nécessaires à l'application mathématique qui fait suite à l'expérience. Ainsi, la valeur de l'effort maximal sur les deux jauges et sa position angulaire exprimée en degré avec une précision du dixième par rapport à l'origine de la courbe sont relevés, de même la valeur des efforts à 0° et à 90° sont également utiles.

Le tracé des courbes est fonction de la position angulaire exprimée également en degré au fur et à mesure des acquisitions. L'allure des deux courbes est une sinusoïde plus ou moins aplatie en fonction du déséquilibre du volant. Les courbes sont toujours représentées par rapport à l'origine définie grâce au repère sur le volant et au miroir de parallaxe.

La vitesse de rotation est relevée en permanence, elle est exprimée en tr.min^{-1} . Lorsque le graphique est figé, après l'arrêt de l'acquisition, la vitesse de l'expérience est mémorisée pour être utilisée dans les calculs.

1.2.2 - Données à enregistrer

Pour une vitesse choisie, lorsque les courbes sont figées, les données brutes sont enregistrées à la demande de l'utilisateur afin de pouvoir les revoir ultérieurement. Après conversion en Newton, les 200 points de mesures par courbe en fonction de la position angulaire peuvent être exportés au format CSV tout comme la vitesse de l'expérience. Le fichier peut ensuite être exploité sous la forme d'une feuille de calculs.

1.2.3 - Données à imprimer

L'impression est réalisée sous la forme d'un fichier PDF qui contient dans un premier temps, le prénom et le nom de l'auteur de l'expérience, sa classe, le nom de son établissement et la date de l'expérience. Dans une seconde zone de la page, les données caractéristiques de l'expérience sont représentées : la valeur de l'effort maxi et sa position angulaire pour chacune des courbes, les valeurs à 0° et à 90° et la vitesse de l'expérience. Vient ensuite la représentation graphique des courbes, efforts en fonction de la position angulaire. Une dernière zone est réservée aux commentaires que peut apporter l'auteur de l'expérience souhaitant indiquer des précisions.

1.2.4 - Données de configuration

Les données de configuration sont stockées dans un fichier XML. Il contient les caractéristiques de l'équipement particulièrement sur les éléments constituant la chaîne d'acquisition : jauges de contraintes, conditionneurs, filtrage si nécessaire pour ne pas modifier le code en cas de changement d'un paramètre.

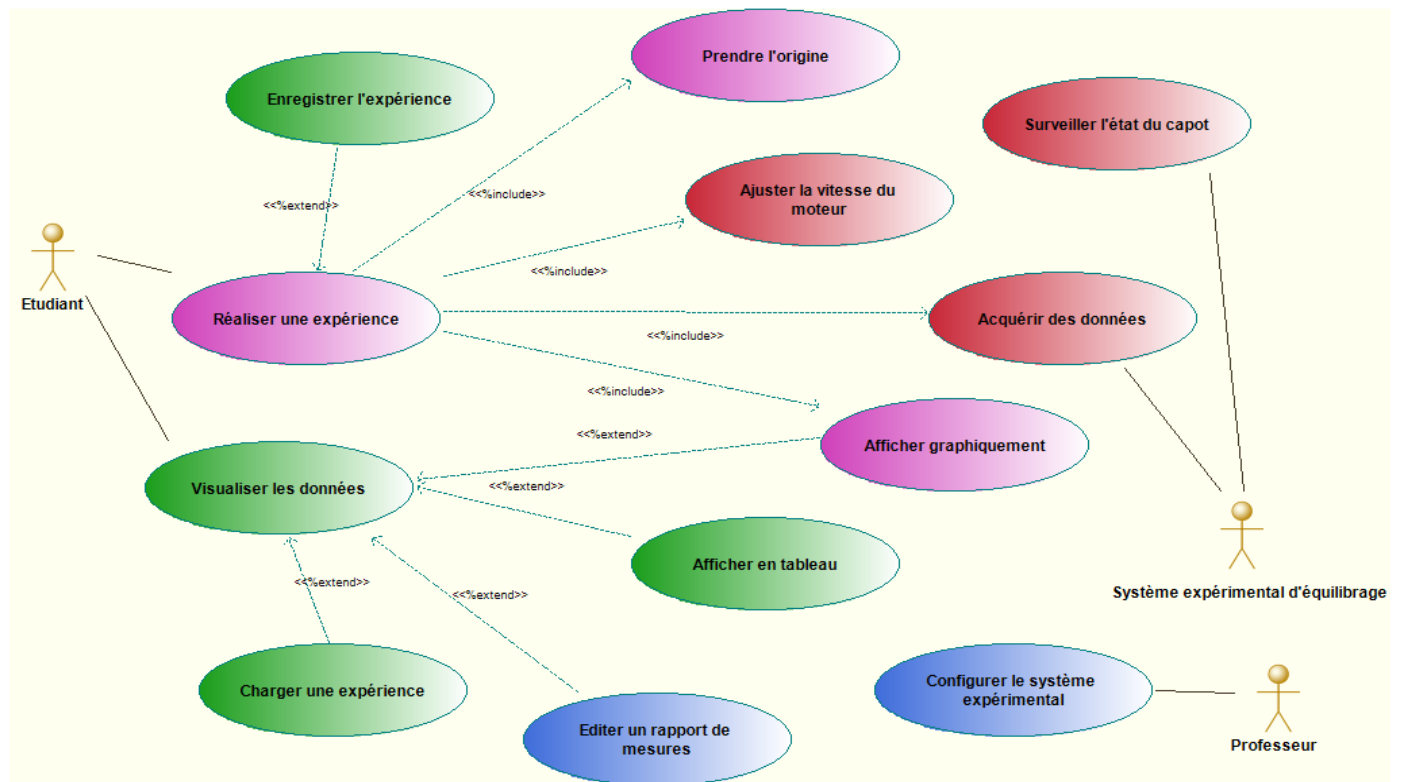
2 - Spécifications fonctionnelles

2.1 - Catalogue des acteurs

Acteur	Rôle
Étudiant	Il lance une expérience, fixe l'origine de la prise de mesure, ajuste la vitesse du moteur, effectue des relevés et visualise les résultats.
Professeur	Il effectue la configuration du système expérimentale.
Système expérimental d'équilibrage	Il fournit la position angulaire pour l'acquisition de l'intensité des efforts exercée sur les paliers. Il indique la présence ou non du capot sur l'ensemble tournant.

2.2 - Diagramme des cas d'utilisation

Etudiant n°1 Alexandre	Etudiant n°2 Yoan	Etudiant n°3 Thibault	Etudiant n°4 Nicolas
------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

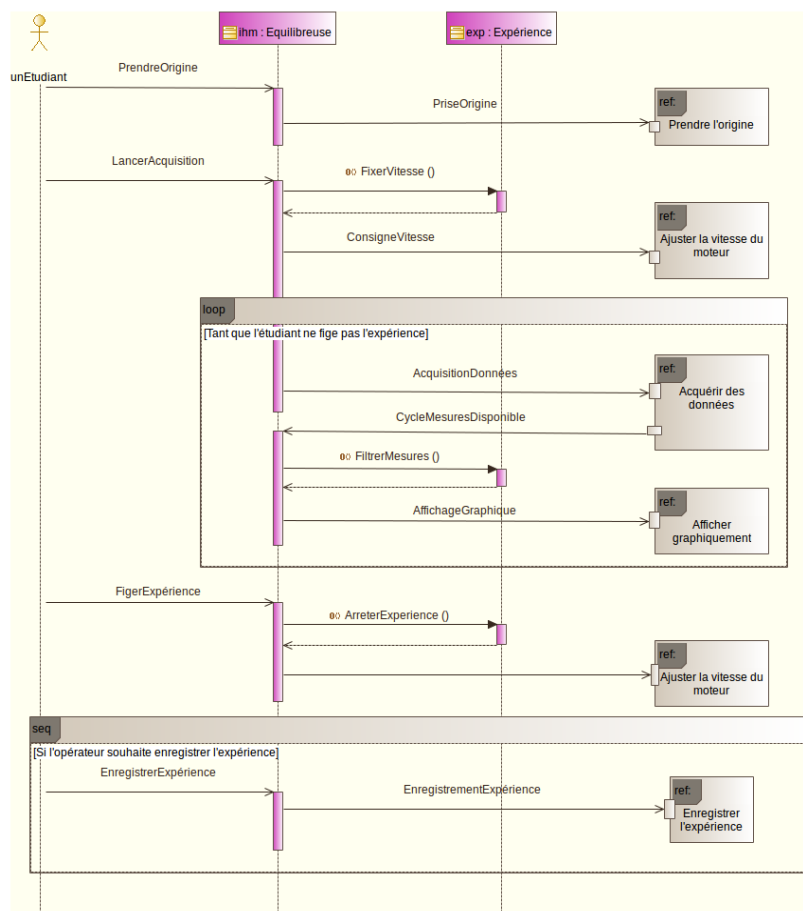


2.3 - Cas d'utilisation « Réaliser une expérience »

2.3.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU: Réaliser une expérience	Référence : CU1	Étudiant n° 2 Yoan
Pré-condition(s)	Le moteur n'est pas alimenté. Le capot est ouvert.	
Scénario nominal	<p>L'étudiant fixe manuellement l'origine des courbes. Il valide cette position par une action sur l'ordinateur et referme le capot.</p> <p>Il autorise ensuite le démarrage du moteur après avoir sélectionné la vitesse de rotation et lancé les acquisitions. Le volant à équilibrer est alors entraîné en rotation.</p> <p>L'image de la vitesse est représentée graphiquement afin d'en vérifier la stabilité. La rotation de l'arbre du moteur engendre un déplacement axial des roulements à billes le supportant en raison du balourd.</p> <p>Chaque fois qu'un nouveau cycle de mesure est disponible, les courbes sont redessinées à partir des données brutes. Ces données issues de capteurs via un conditionneur délivrant un signal électrique « bruité » doivent faire l'objet d'un filtrage numérique pour supprimer les oscillations parasites du 50 Hz, de l'alimentation et celles dues aux vibrations des billes des roulements.</p> <p>Lorsque l'utilisateur juge la courbe suffisamment stable, il peut figer l'expérience et enregistrer les informations qui la composent sur disque s'il le souhaite.</p>	
Post-condition(s)	<p>Les données sont en mémoire, les courbes n'évoluent plus.</p> <p>Le moteur est arrêté.</p>	

2.3.2 - Diagramme de séquence

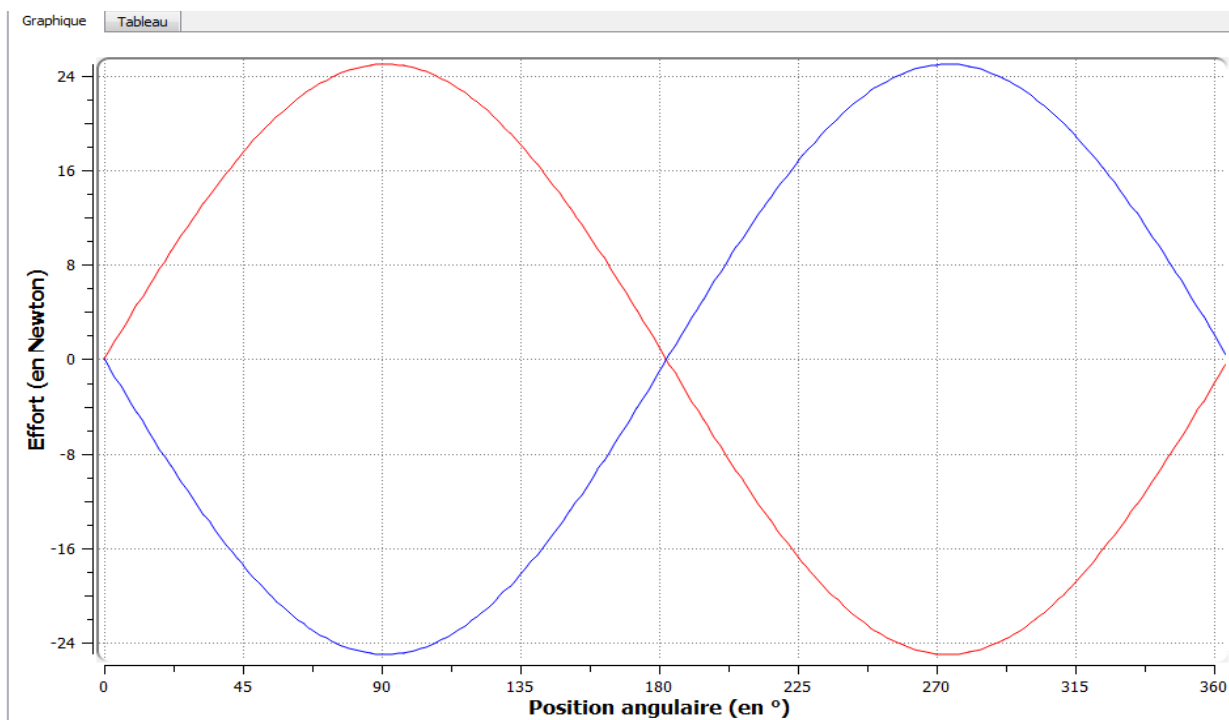


2.4 - Cas d'utilisation « Afficher Graphiquement »

2.4.1 - Description du cas d'utilisation

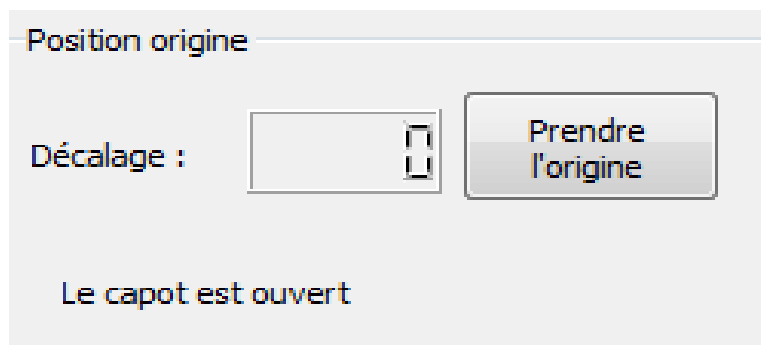
Nom CU: Afficher graphiquement	Référence : CU2	Étudiant n° 2 Yoan
Pré-condition(s)	Le moteur tourne, l'acquisition est en cours.	
Scénario nominal	<p>En temps réel pendant l'acquisition des données, ou après avoir rechargé une expérience, la vue graphique permet de visionner la ou les courbes d'intensité des efforts sur les paliers X_A et X_O en fonction de la position angulaire sur un tour complet. Elles ont la forme de sinusoides plus ou moins plates en fonction de l'effort.</p> <p>Cette vue s'adapte à la taille de la fenêtre et à la résolution de l'écran. Les axes sont gradués, les valeurs extrêmes sont indiquées, ainsi que le déphasage.</p>	
Post-condition(s)	Les courbes sont affichées en graphique.	

2.4.2 - IHM associée au cas d'utilisation



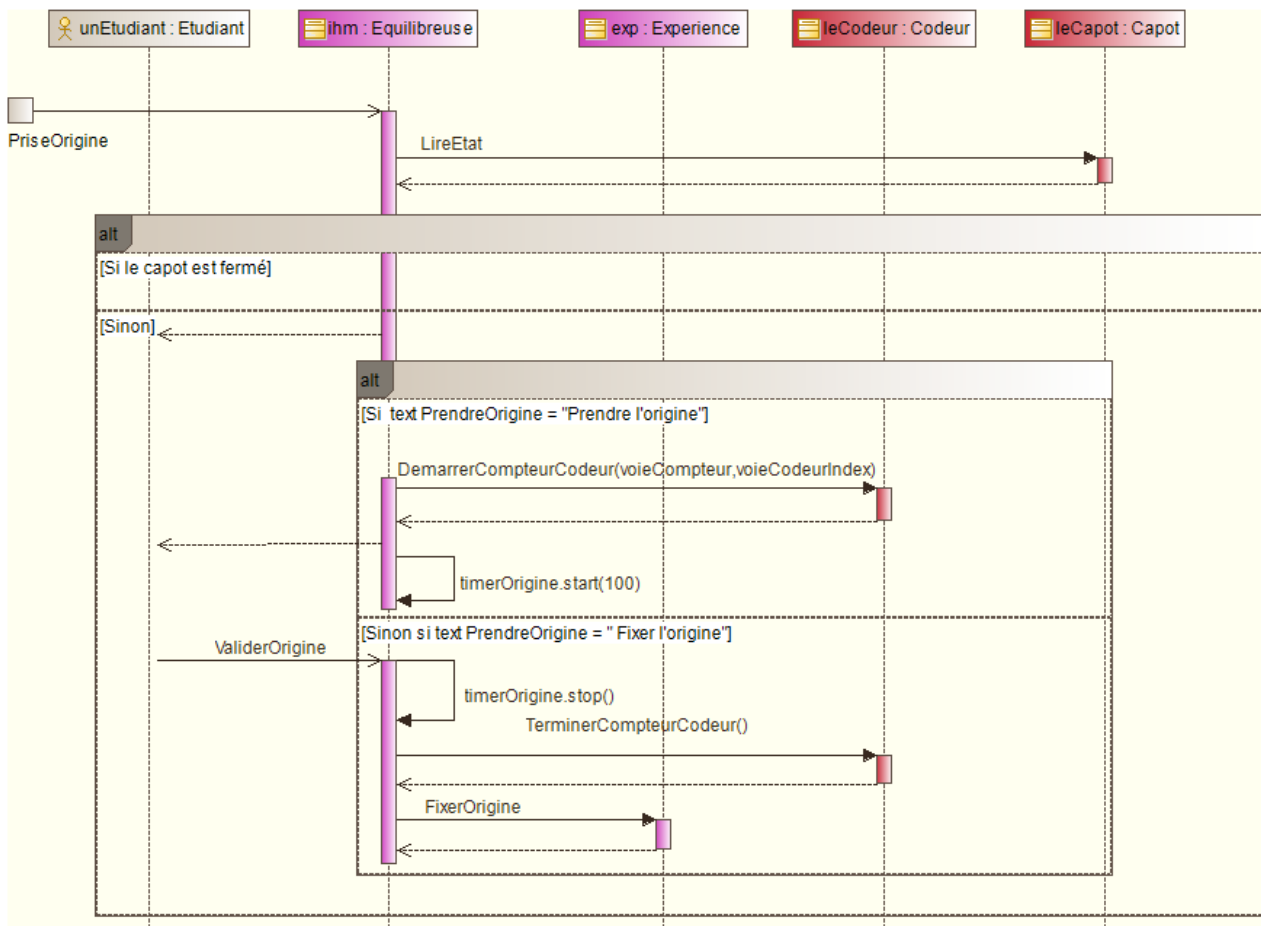
Voici la vue graphique dans laquelle apparaîtra la ou les courbe(s) d'intensité des efforts sur les jauges de contraintes.

2.5.2 - IHM associée au cas d'utilisation



Afin de prendre l'origine, il faut tourner le volant de façon à ce que l'axe qui est derrière soit aligné avec le miroir de parallaxe. Dès que cela est fait, il faut appuyer sur le bouton « Prendre l'origine ».

2.5.3 - Diagramme de séquence



2.6 - Cas d'utilisation « Acquérir des données »

2.6.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU : Acquérir des données	Référence : CU5	Étudiant n° 1 Alexandre
Pré-condition(s)	Prise d'origine réalisée	
Scénario nominal	Pour chaque position angulaire définie par un ratio entre les 1000 points du codeur et les 40 trous du volant, la valeur du signal électrique délivré par les jauges de contraintes est relevée. La 3 ^{ème} voie du codeur, qui est l'index du tour, indique que le tour est terminé.	
Post-condition(s)	Données stockées et disponibles à l'affichage	

2.6.2 - IHM associée au cas d'utilisation

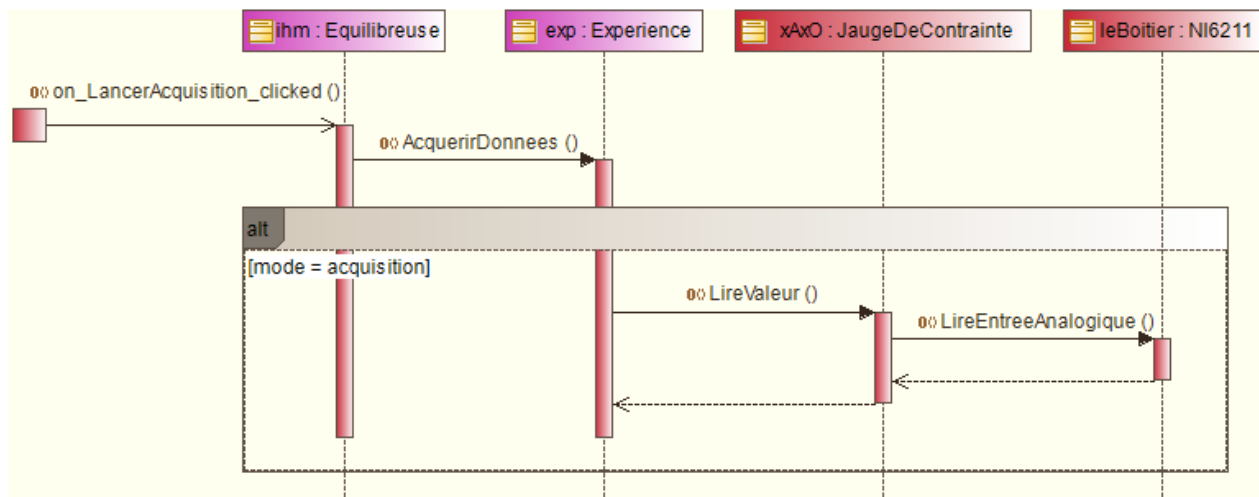
Acquisition

	Déphasage	Effort à 0°	Effort Max	Effort à 90°
Jauge A				
Jauge O				

Période(s)
 1 2 3

Lancer Acquisition

2.6.3 - Diagramme de séquence



2.7 - Cas d'utilisation « Ajuster la vitesse du moteur »

2.7.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU : Ajuster la vitesse du moteur	Référence : CU6	Étudiant n° 1 Alexandre
Pré-condition(s)	Le capot est fermé.	
Scénario nominal	Le système applique la vitesse fixée par l'étudiant pour le moteur. Si le capot est ouvert, la vitesse est fixée à zéro.	
Post-condition(s)	La vitesse du moteur est la même que celle indiquée par l'étudiant.	

2.7.2 - IHM associée au cas d'utilisation

Consigne vitesse (en %)

Appliquer

Arrêt

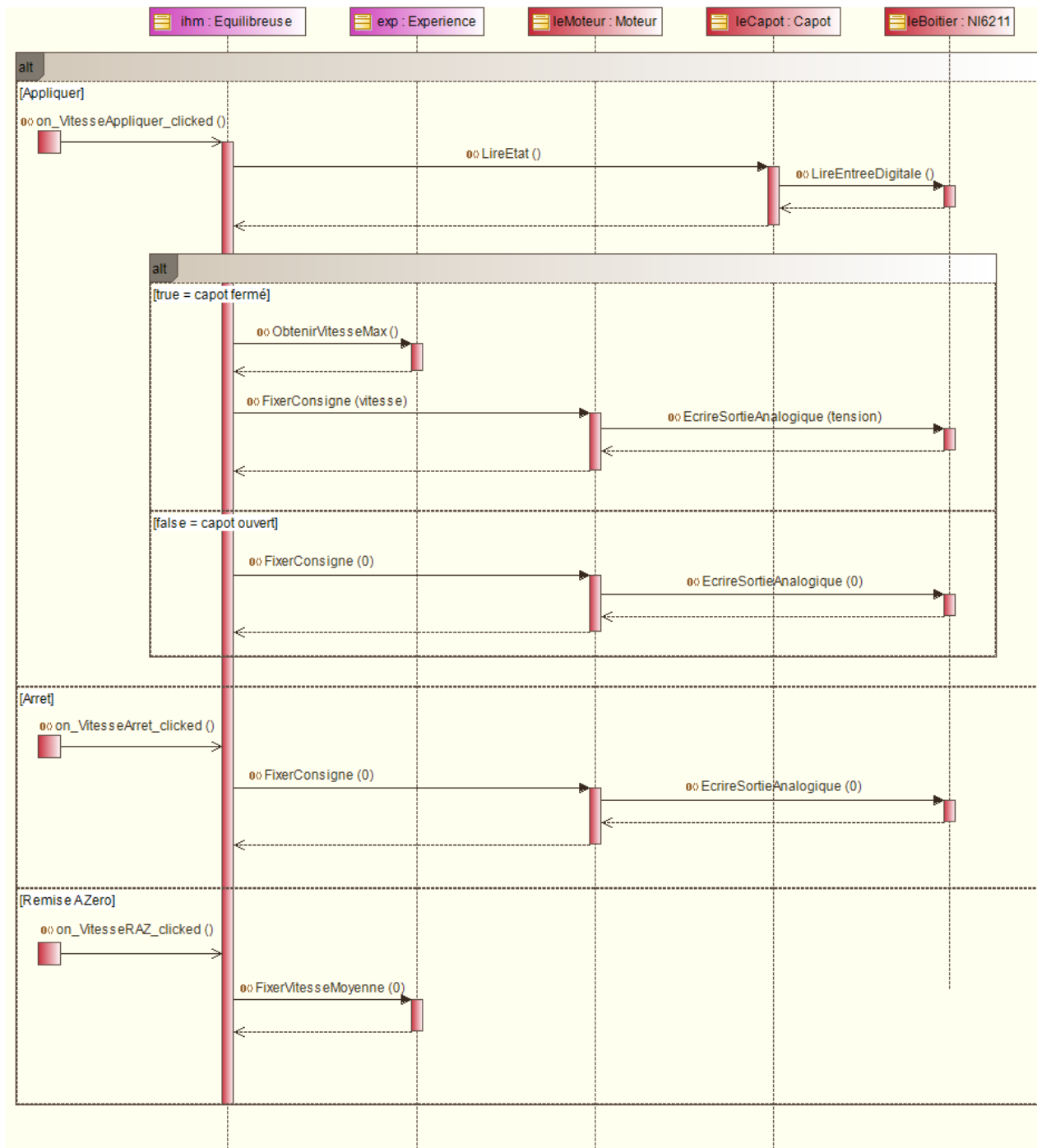
RAZ

Vitesse de rotation : tr/min

Vitesse moyenne : tr/min

Voici l'IHM qui servira à ajuster la vitesse du moteur. À l'aide du potentiomètre, on augmente ou diminue le pourcentage de la vitesse, celui-ci est affiché au niveau du compteur, puis en appuyant sur le bouton « Appliquer », la vitesse s'applique au moteur. La vitesse de rotation définit la vitesse en cours du moteur, la vitesse moyenne définit la vitesse moyenne du moteur tout au long de l'expérience. L'appui sur le bouton « Arrêt » arrête le moteur. Enfin, l'appui sur le bouton « RAZ » remet la vitesse moyenne à zéro.

2.7.3 - Diagramme de séquence

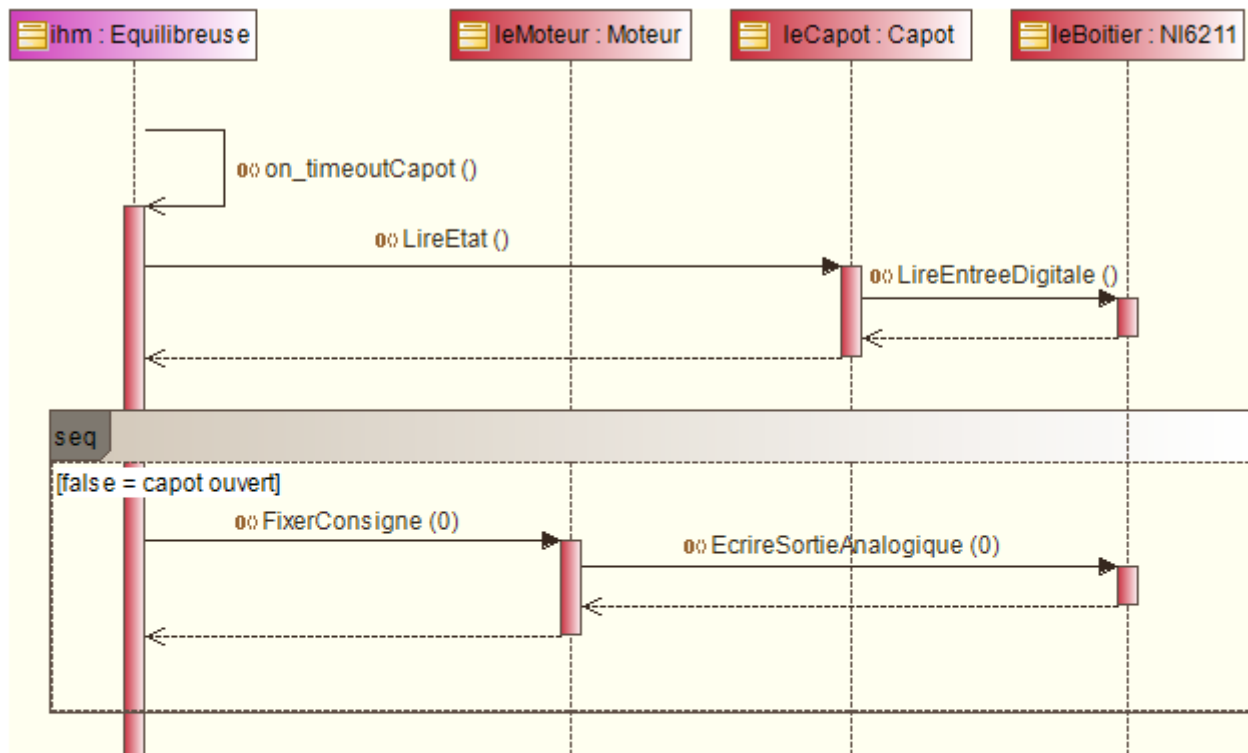


2.8 - Cas d'utilisation « Surveiller l'état du capot »

2.8.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU : Surveiller l'état du capot	Référence : CU7	Étudiant n° 1 Alexandre
Pré-condition(s)		
Scénario nominal	<p>Par mesure de sécurité tant que le moteur tourne, le capot est fermé. Si au cours de l'expérience le capot venait à être ouvert, le moteur doit se couper automatiquement et l'utilisateur doit en être averti par un message lui disant que le capot doit être refermé.</p> <p>Le fait de refermer le capot ne permet pas au moteur de redémarrer, il faut entamer une procédure de démarrage complète.</p>	
Post-condition(s)		

2.8.2 - Diagramme de séquence

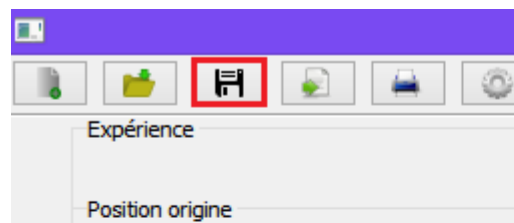


2.9 - Cas d'utilisation « Enregistrer l'expérience »

2.9.1 - Description du cas d'utilisation

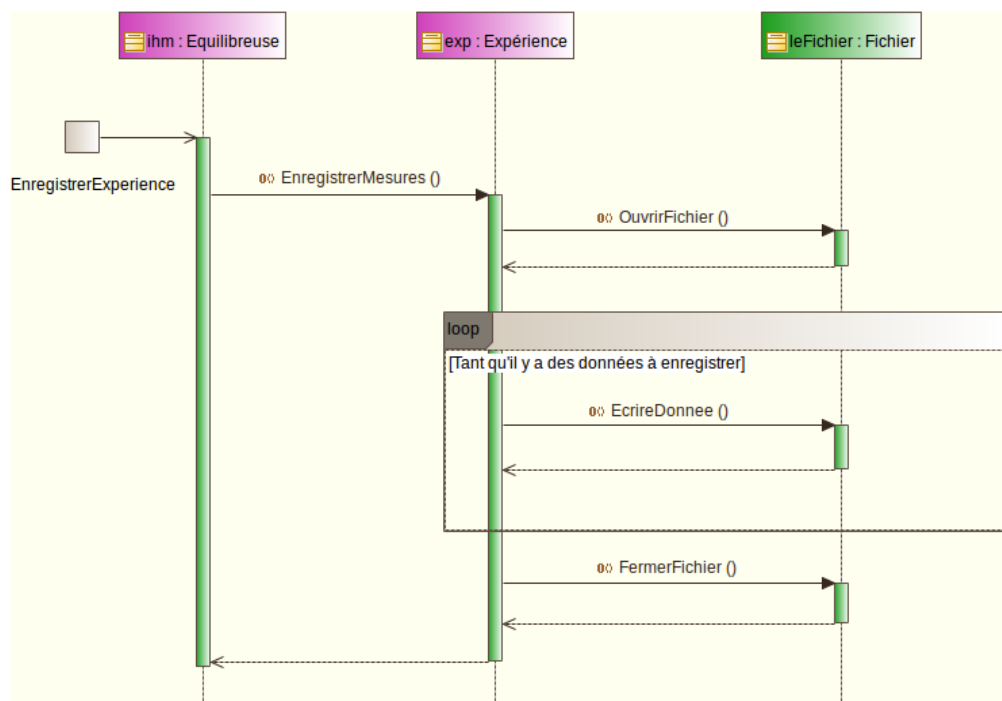
Nom CU : Enregistrer l'expérience	Référence : CU8	Étudiant n° 3 Thibault
Pré-condition(s)	L'acquisition est réalisée.	
Scénario nominal	Lorsque l'expérience est figée, les données correspondant au dernier tour doivent être enregistrées sur disque avec les caractéristiques de l'expérience, le nom de l'auteur, la date, le type et le nombre de capteurs. Le format devra permettre une exportation vers le tableur Excel.	
Post-condition(s)	L'expérience est enregistrée et pourra donc être lisible plus tard.	

2.9.2 - IHM associée au cas d'utilisation



Afin d'enregistrer l'expérience, il faut appuyer sur le bouton entouré en rouge.

2.9.3 - Diagramme de séquence

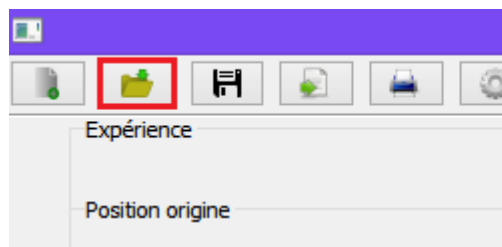


2.10 - Cas d'utilisation « Charger une expérience »

2.10.1 - Description du cas d'utilisation

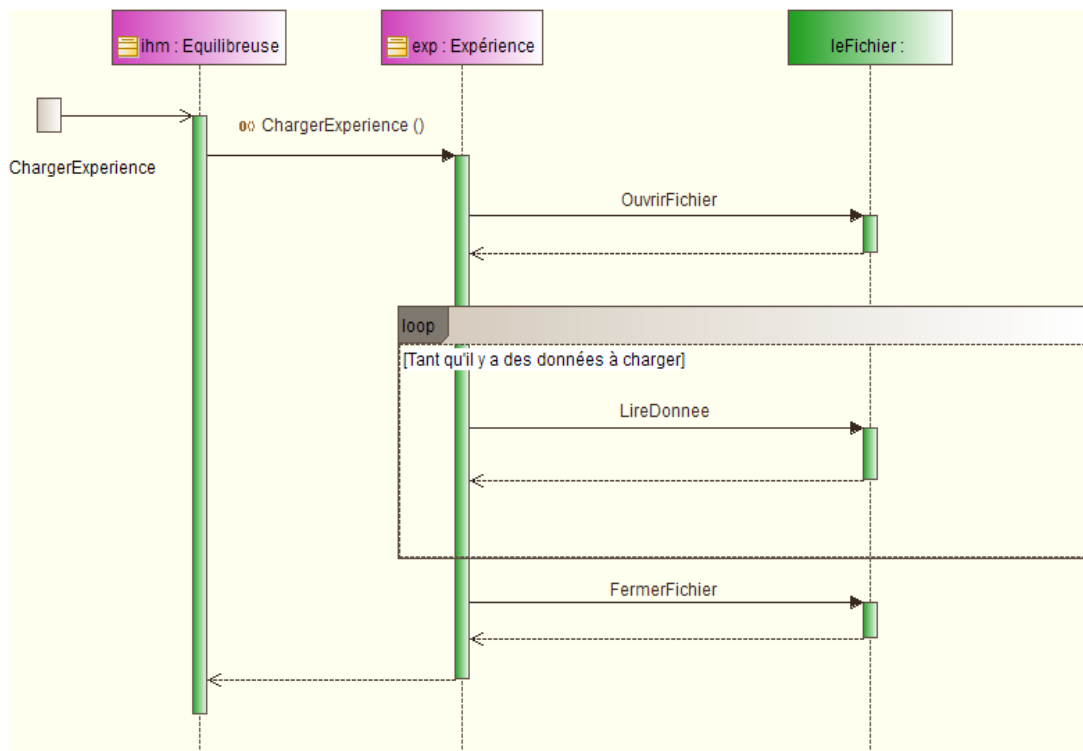
Nom CU : Charger une expérience	Référence : CU9	Étudiant n° 3 Thibault
Pré-condition(s)	L'application est ouverte, aucune expérience en cours.	
Scénario nominal	<p>Lorsqu'il n'y a pas d'expérience en cours, on doit pouvoir ouvrir une expérience précédente en vue de l'éditer ou simplement de la visualiser.</p> <p>Le format des données lues correspond à celui enregistré.</p>	
Post-condition(s)	Les données de l'expérience chargée sont visibles à l'écran.	

2.10.2 - IHM associée au cas d'utilisation



Afin de charger une expérience, il faut appuyer sur le bouton entouré en rouge.

2.10.3 - Diagramme de séquence



2.11 - Cas d'utilisation « Visualiser les données »

2.11.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU: Visualiser les données	Référence : CU10	Étudiant n° 3 Thibault
Pré-condition(s)	Une expérience vient d'être figée ou une expérience précédente est chargée.	
Scénario nominal	L'étudiant peut visualiser les données soit graphiquement, soit sous la forme d'un tableau de mesures pour un ou deux capteurs à sa convenance. Il peut de même éditer un rapport de mesures pour l'imprimante.	
Post-condition(s)	Un rapport de mesures est imprimé et les données sont affichées.	

2.11.2 - IHM associée au cas d'utilisation

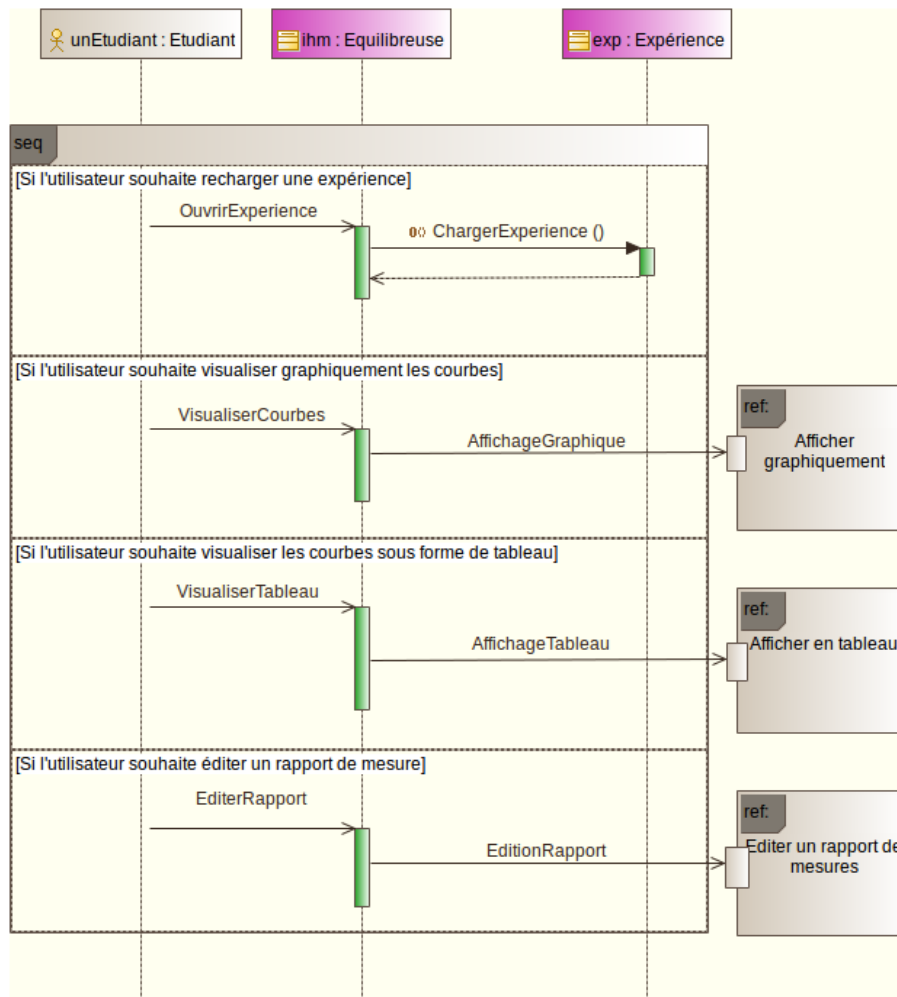
The screenshot shows the 'Equilibreuse 2016' software interface. The main window is titled 'Equilibreuse 2016'. It features a top menu bar and a toolbar. The interface is divided into several sections:

- Position origine:** Includes a 'Décalage' input field and a 'Prendre l'origine' button.
- Acquisition:** A table with columns for 'Déphasage', 'Effort à 0°', 'Effort Max', and 'Effort à 90°'. It also includes a 'Période(s)' input field and a 'Lancer Acquisition' button.
- Tab 1 / Tab 2:** Two tabs for data visualization. 'Tab 1' shows a table with columns for 'x (en °)', 'yA (en N)', 'yO (en N)', and 8 data columns. 'Tab 2' shows a graph of the same data.
- Jauge A / Jauge O:** Two panels for data visualization. Each panel has a table with columns for 'Déphasage', 'Efforts', and 'Moyennes'.
- Consigne vitesse (en %):** A panel on the right with a speedometer, 'Appliquer', 'Arrêt', and 'RAZ' buttons, and input fields for 'Vitesse de rotation' and 'Vitesse moyenne'.

Il existe deux façons de visualiser les données : soit par tableau, soit par graphique.

This screenshot shows the same 'Equilibreuse 2016' software interface, but with the data tables and graph area empty, indicating a new or reset state. The layout and controls are identical to the previous screenshot.

2.11.3 - Diagramme de séquence

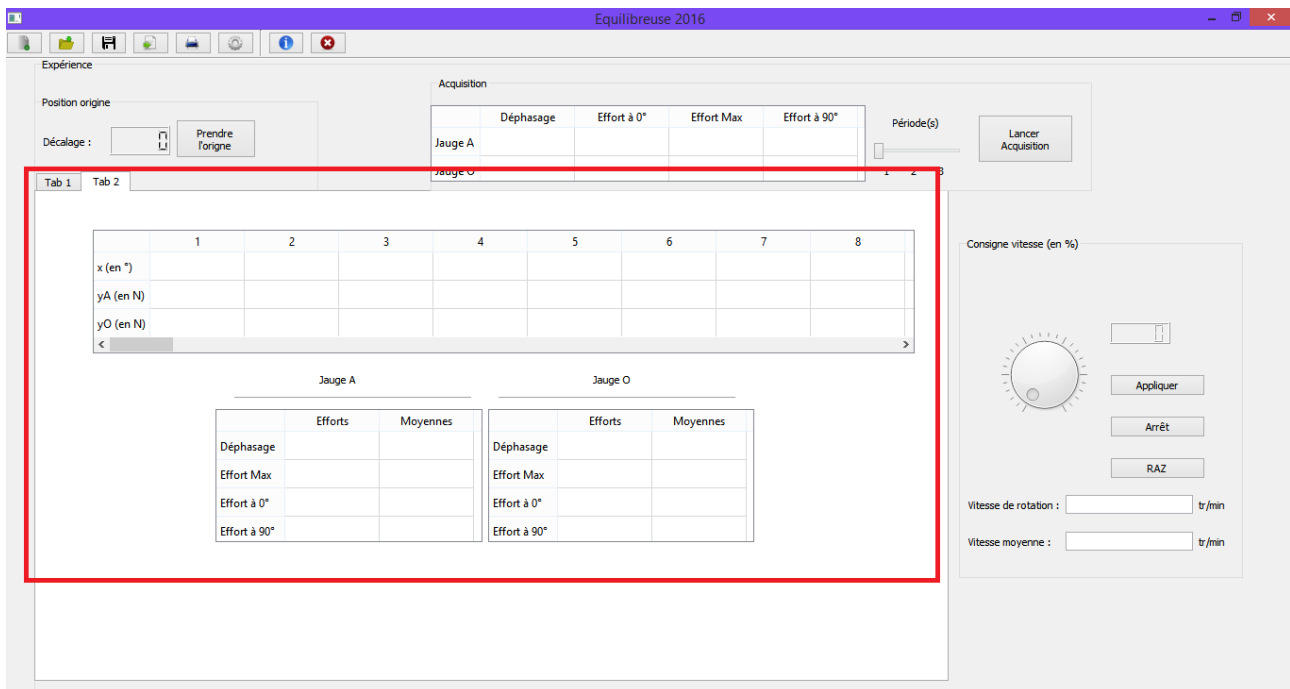


2.12 - Cas d'utilisation « Afficher en tableau »

2.12.1 - Description du cas d'utilisation

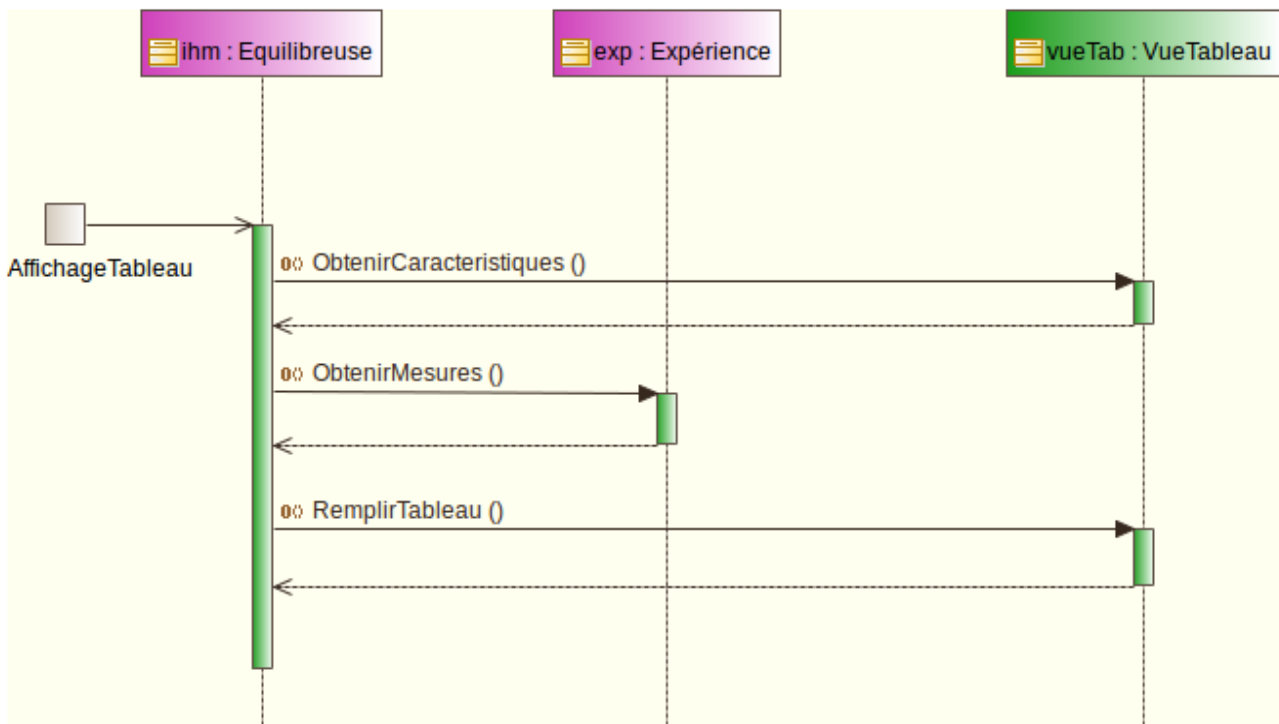
Nom CU: Afficher en tableau	Référence : CU10	Étudiant n° 3 Thibault
Pré-condition(s)	Une expérience vient d'être figée ou une expérience précédente est chargée.	
Scénario nominal	L'utilisateur peut visualiser le cycle de mesures sous la forme d'un tableau où sont indiquées les positions angulaires et l'intensité des efforts correspondant pour le tour complet ainsi que la vitesse de rotation du moteur.	
Post-condition(s)	Le tableau est affiché et sa taille est adaptée à la taille de la vue.	

2.12.2 - IHM associée au cas d'utilisation



Voici les trois tableaux dans lesquels les données peuvent être affichées.

2.12.3 - Diagramme de séquence



2.13 - Cas d'utilisation « Editer un rapport de mesures »

2.13.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU: Éditer un rapport de mesures	Référence : CU11	Étudiant n° 4 Nicolas
Pré-condition(s)	Un essai a été effectué et des mesures sont présentes en mémoire vive de l'ordinateur. Ou bien des mesures d'un précédent essai sont rechargées à partir d'une mémoire de masse de l'ordinateur.	
Scénario nominal	<p>L'édition d'un rapport sur imprimante commence par un cartouche identifiant l'étudiant et son établissement. Ces informations doivent être renseignées par l'étudiant avant de lancer l'édition.</p> <p>Ensuite, suivent des informations propres à l'essai, la date de réalisation, éventuellement le nom du fichier de mesures à partir duquel le rapport est élaboré, la vitesse de rotation du moteur ainsi que le nombre et le type de capteurs utilisés.</p> <p>Puis, sont présentés, au choix de l'étudiant, soit uniquement le tableau de mesures, soit uniquement la ou les courbes en exploitant la couleur si l'imprimante le permet, soit les deux types de représentation texte et graphique. L'ensemble doit tenir sur une feuille A4, on peut envisager l'impression sous le format PDF.</p>	
Post-condition(s)	Un rapport de mesures est imprimé selon les choix de l'étudiant.	

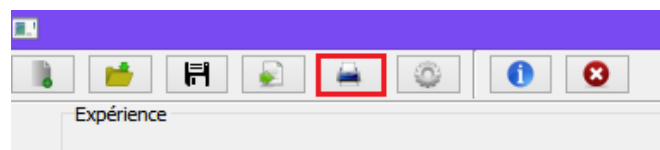
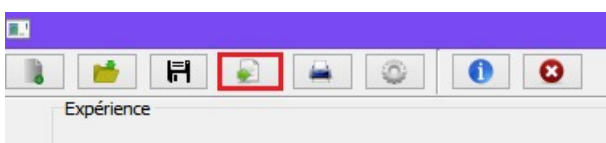
2.13.2 - IHM associée au cas d'utilisation



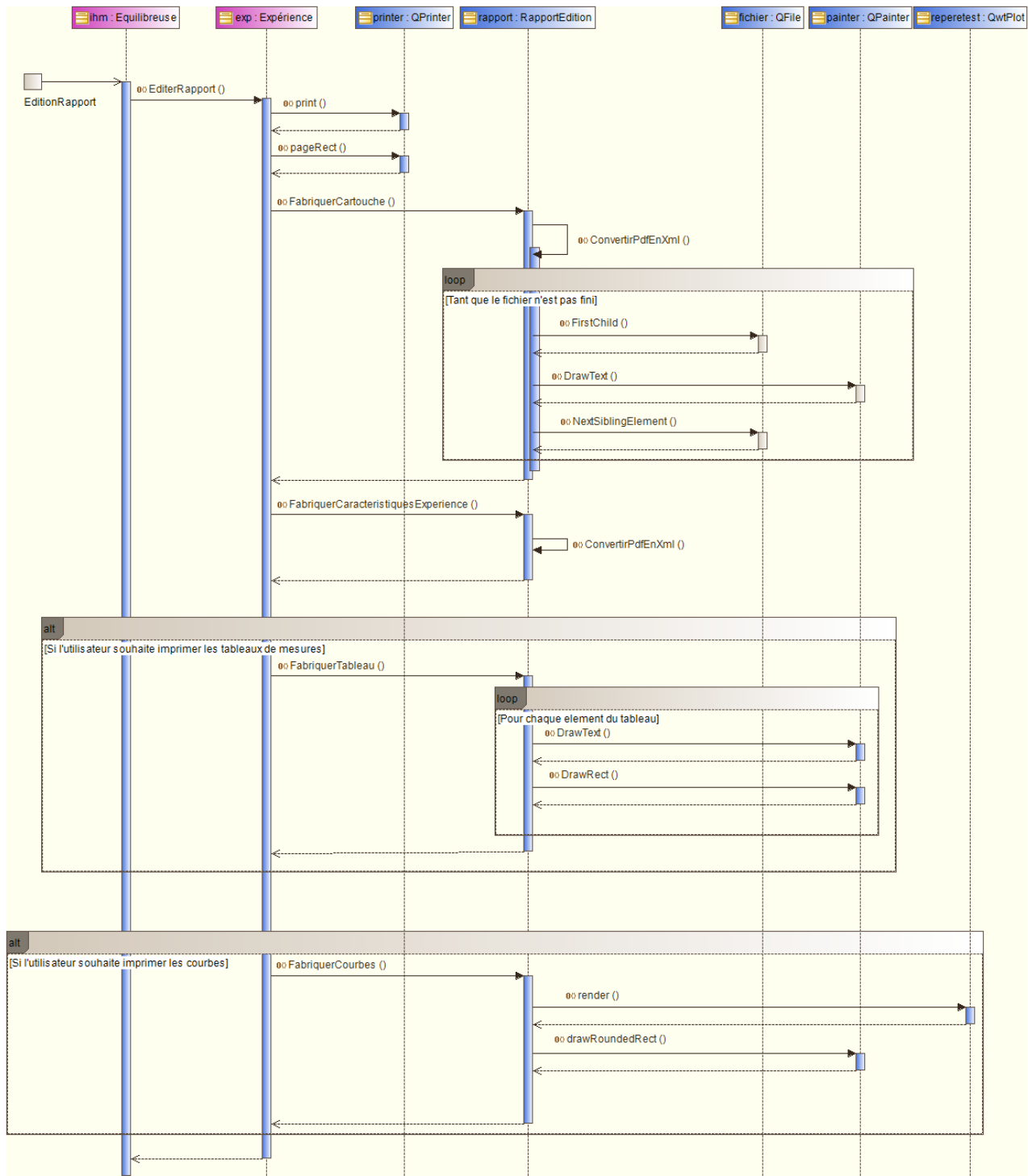
Tout d'abord, il faut cliquer sur le bouton entouré en rouge (ci-dessus) afin de pouvoir remplir le cartouche étudiant (ci-dessous).

The image shows a 'Configuration' dialog box with a tabbed interface. The 'Etudiant' tab is selected. Inside the dialog, there is a section titled 'Cartouche Etudiant' containing three input fields: 'Nom de l'utilisateur', 'Classe de l'utilisateur', and a larger 'Commentaire' field. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'Annuler' and 'Valider'.

Ensuite, on peut choisir soit d'imprimer un rapport soit de l'exporter.



2.13.3 - Diagramme de séquence



2.14 - Cas d'utilisation « Configurer le système expérimental »

2.14.1 - Description du cas d'utilisation

Nom CU: Configurer le système expérimental	Référence : CU12	Étudiant n° 4 Nicolas
Pré-condition(s)	Le professeur vérifie le matériel dont il dispose et définit les expériences qu'il souhaite conduire avec ses étudiants.	
Scénario nominal	<p>Le professeur a le choix d'utiliser un ou deux capteurs pour déterminer l'intensité des efforts, soit en position A, en position O ou les deux positions.</p> <p>Dans un premier temps, un seul type de capteurs est retenu : les jauges de contrainte MB-25 qui donnent directement une image de la force exercée sur les paliers. Leurs caractéristiques sont renseignées : intensité maximale, vitesse de rotation maximale de l'ensemble avec ce capteur, coefficient d'échelle...</p> <p>Pour des raisons de maintenance et de disponibilité de matériel, d'autres jauges de contraintes peuvent être envisageables.</p> <p>De même, le professeur configure le type de liaison entre l'ordinateur et la chaîne d'acquisition utilisée, adresse, port, voie analogique choisie... en fonction des technologies retenues.</p> <p>Enfin, le professeur indique les éléments invariants qui constituent le cartouche du rapport de mesures et les différents chemins liés à l'application.</p>	
Post-condition(s)	La configuration est protégée par un mot de passe qui peut également être changé. La configuration est mémorisée dans un fichier XML. Il existe une configuration par défaut.	

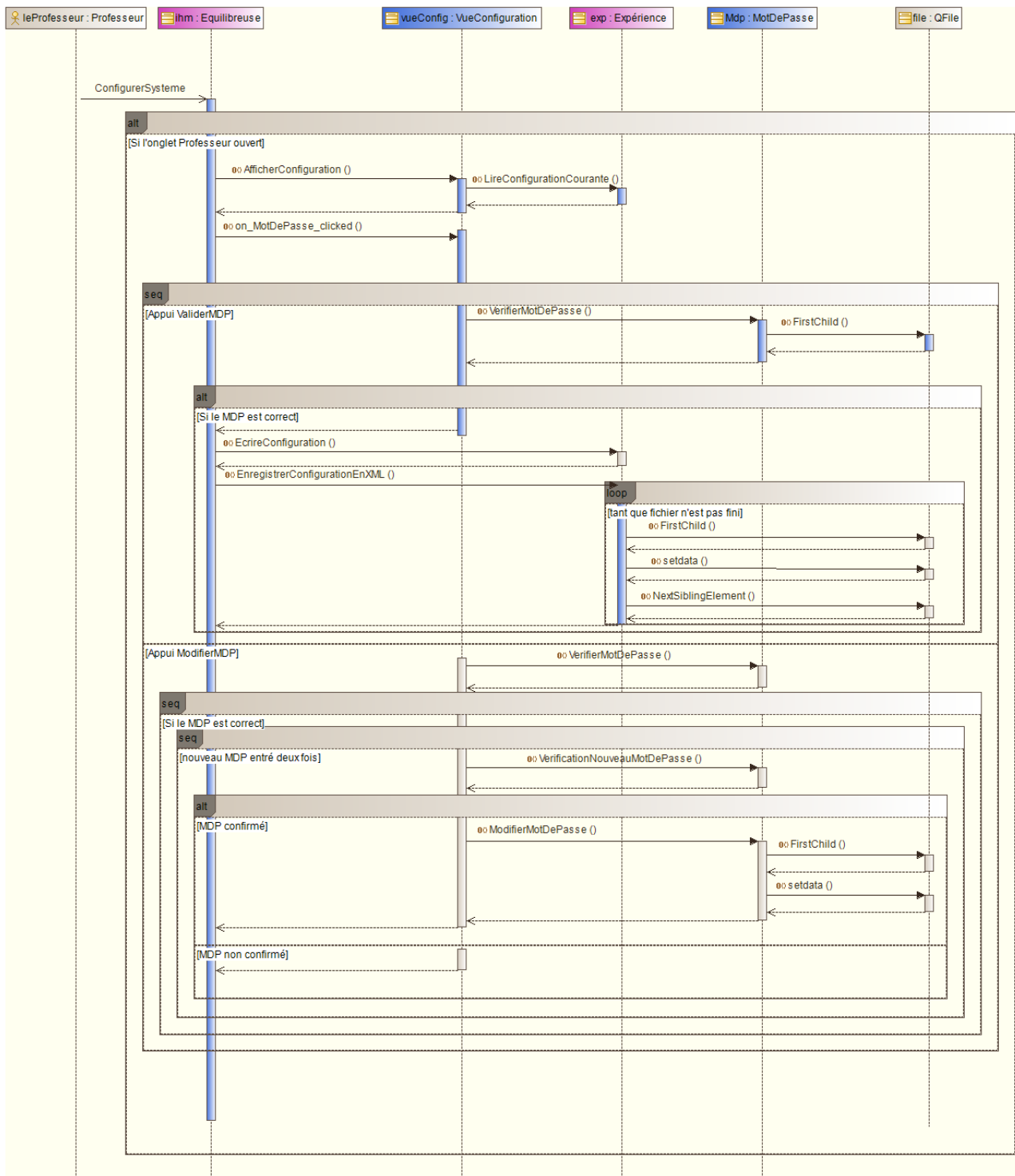
2.14.2 - IHM associée au cas d'utilisation



Afin de configurer le système, il faut appuyer sur le bouton entouré en rouge (ci-dessus) qui affichera une fenêtre que devra remplir le professeur (ci-dessous).

	Capteur O	Capteur A
Coefficient (N/V)		
Vitesse moteur (tr/min)		
Valeur Nominale		

2.14.3 - Diagramme de séquence



3 - Conception préliminaire

3.1 - Structure des données échangées entre les différentes parties du système

Avant de commencer l'acquisition des données, il faut renseigner les caractéristiques des différentes jauges de contraintes notamment. La vitesse maximale du moteur doit également être renseignée. Cette dernière ainsi que le coefficient en mv/V sont envoyés à la classe Boîtier sous formes respectives de variables **int** et **float** afin que la classe puisse ensuite calculer les efforts en fonction des caractéristiques des différentes jauges ainsi que modifier la vitesse du moteur en fonction de la vitesse maximale grâce au potentiomètre.

Pendant le déroulement de l'expérience, les données que cherche à acquérir notre système sont des efforts sur les jauges de contrainte acquis par le boîtier d'acquisition. Ces valeurs seront des variables **double** qui seront ensuite stockées dans un **QVector** de **double**. Les données seront donc échangées dans un **QVector** de **double**.

3.2 - Architecture logicielle de l'application

Diagramme des classes de l'étudiant n°1 Alexandre :

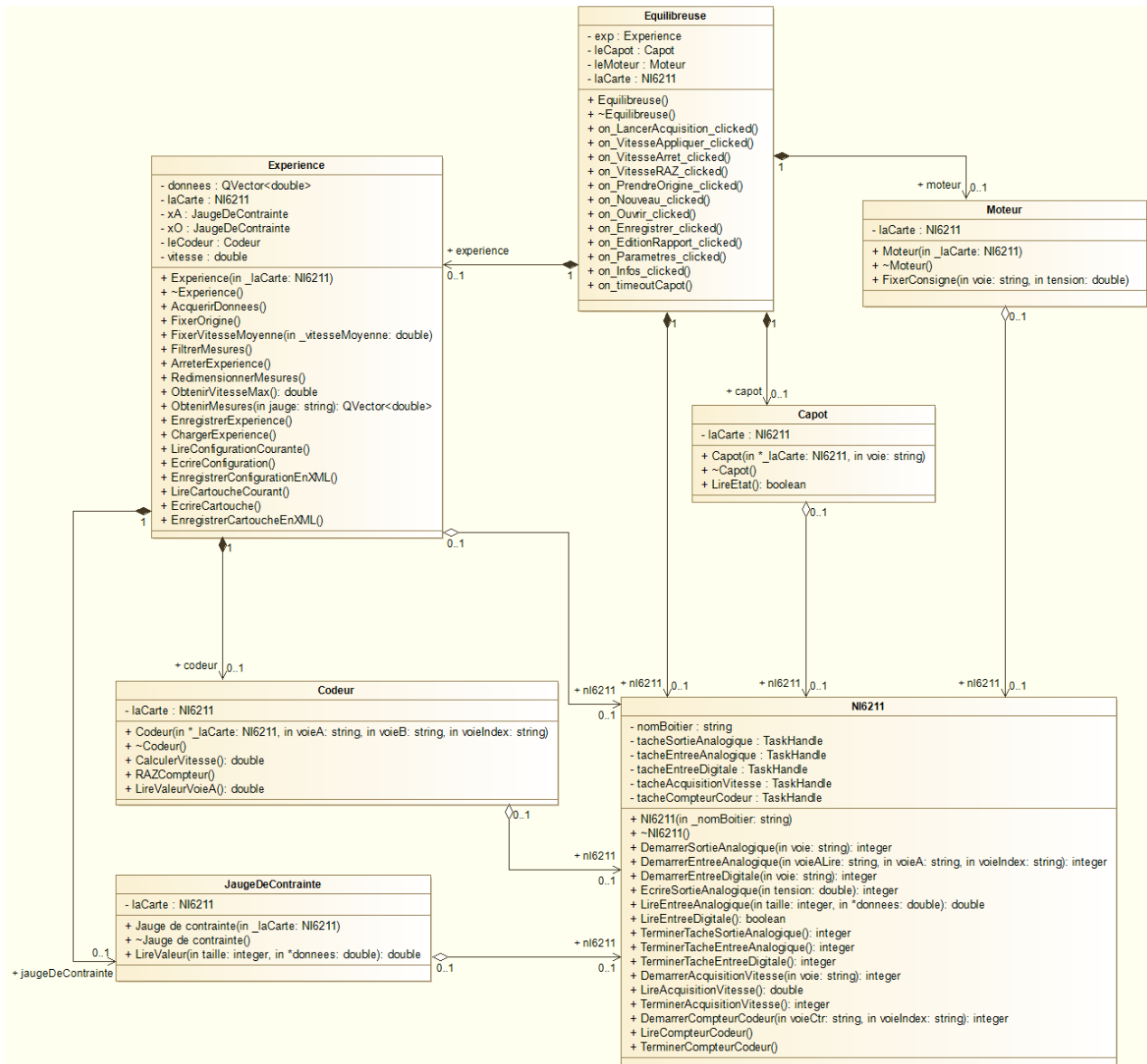


Diagramme des classes de l'étudiant n°2 Yoan :

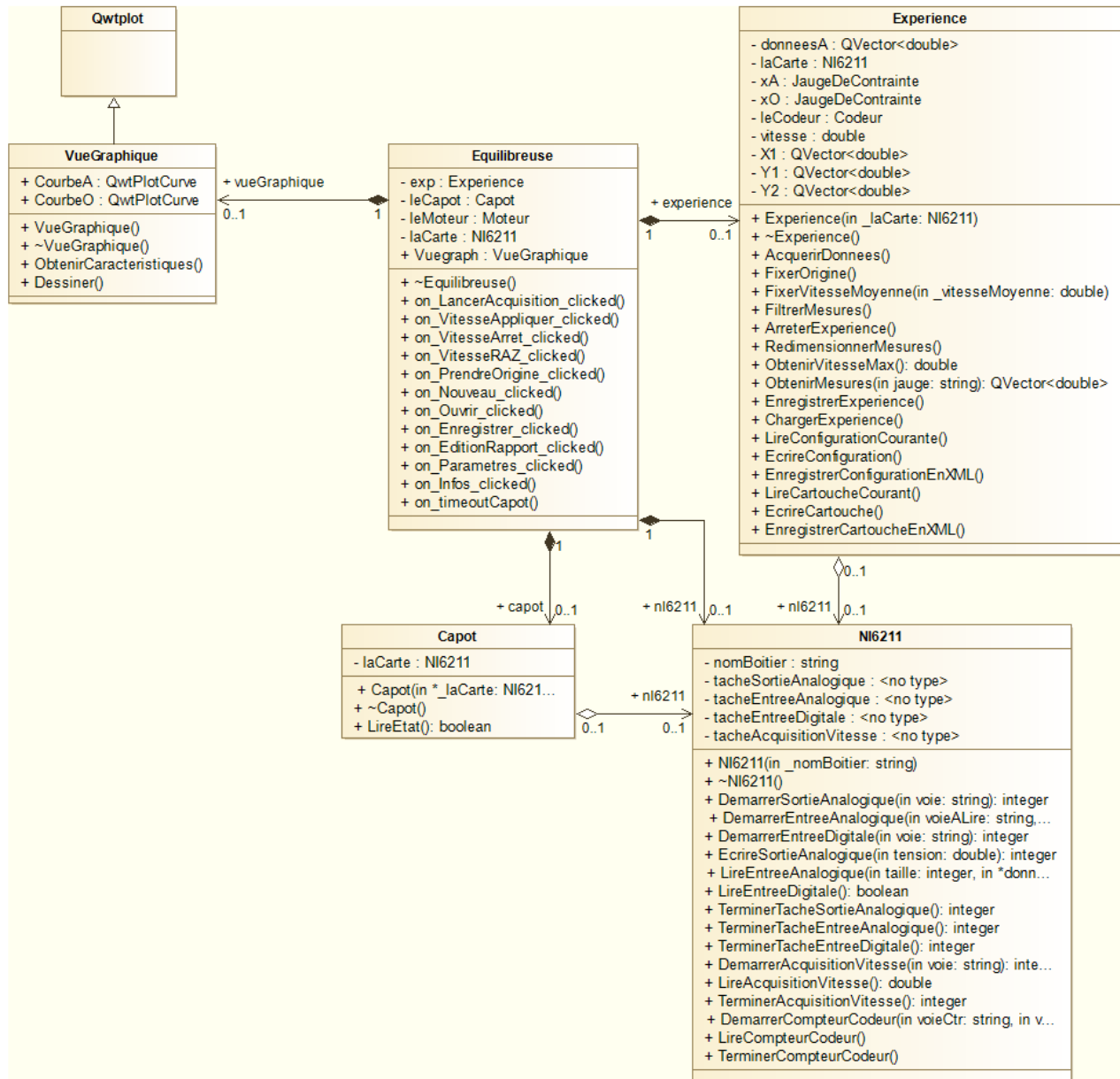


Diagramme des classes de l'étudiant n°3 Thibault :

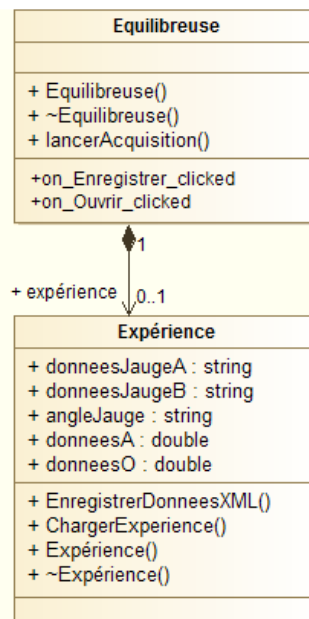
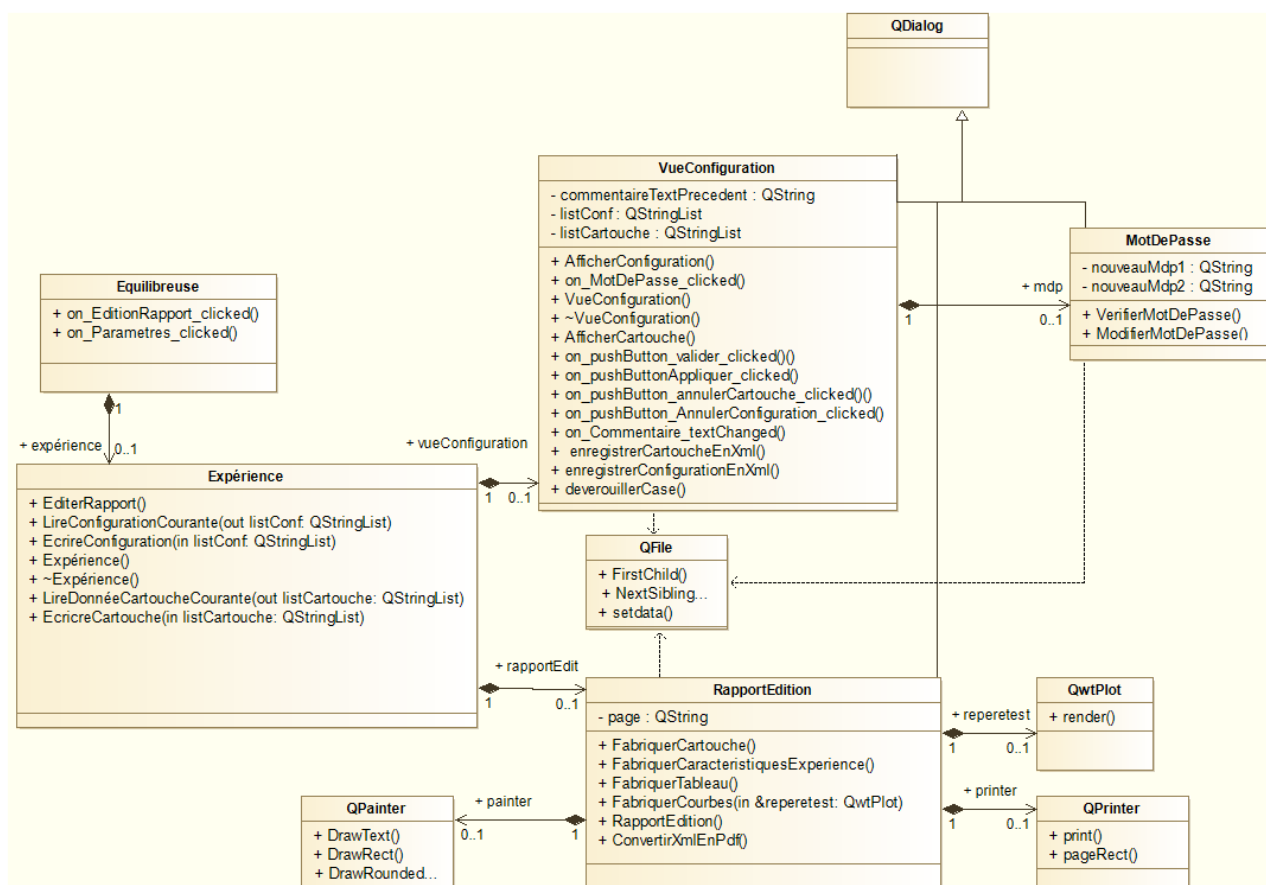
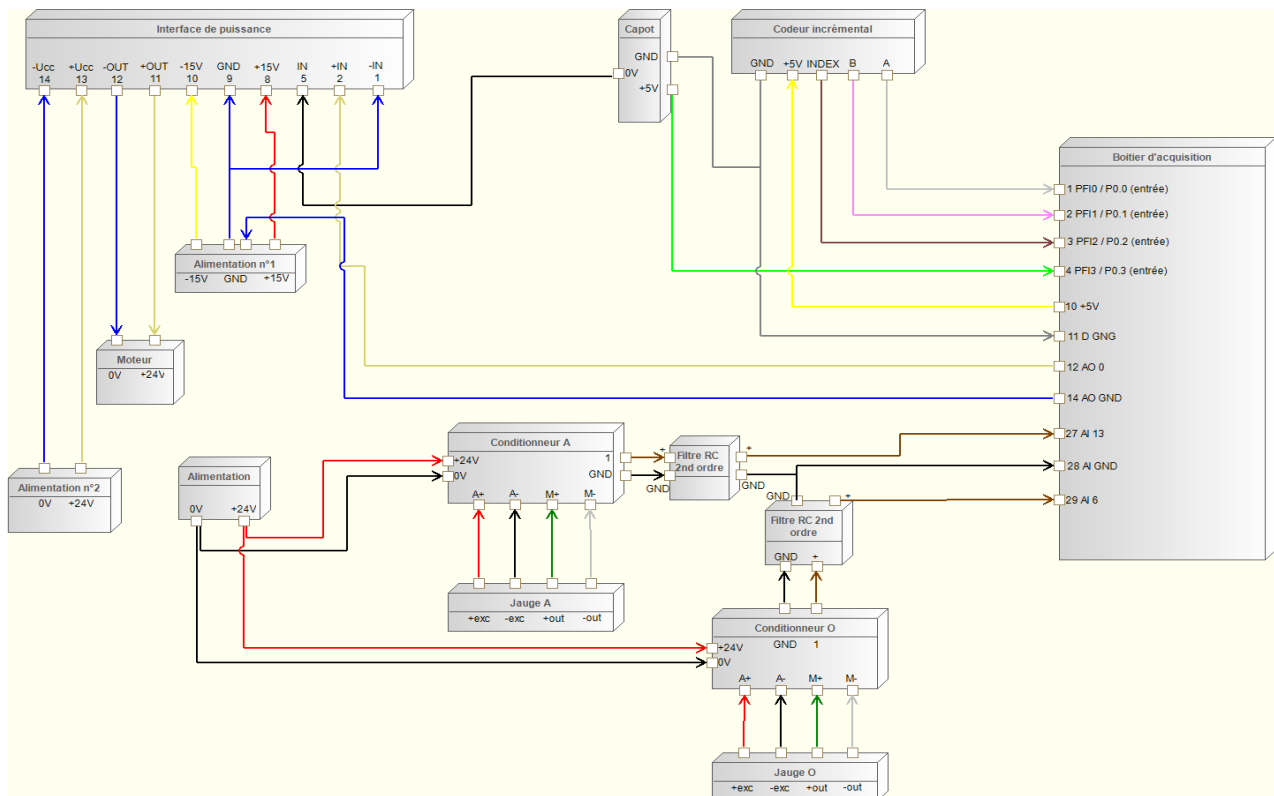


Diagramme des classes de l'étudiant n°4 Nicolas :



3.3 - Architecture Matérielle

3.3.1 - Plan de câblage



3.3.2 - Description de la connectique

Voici les descriptions de connectique des broches de l'interface de puissance, du boîtier d'acquisition, et du codeur incrémental.

Codeur incrémental :

Voie	Couleur	Sortie
2	jaune	+5V
3	gris	GND
6	blanc	A
8	rose	B
10	marron	INDEX

Interface de puissance :

1	-IN : masse de la tension en entrée pour le moteur	10	-15V : port – de l'alimentation pour le moteur
2	+IN : tension en entrée pour le moteur	11	+OUT : tension en sortie vers le moteur
5	IN : sécurité capot*	12	-OUT : masse de la tension en sortie vers le moteur
8	+15V : port + de l'alimentation pour le moteur	13	+Ucc : tension en entrée pour alimenter l'interface
9	GND : masse de l'alimentation pour le moteur	14	-Ucc : masse de la tension en entrée pour l'interface

Boîtier d'acquisition :

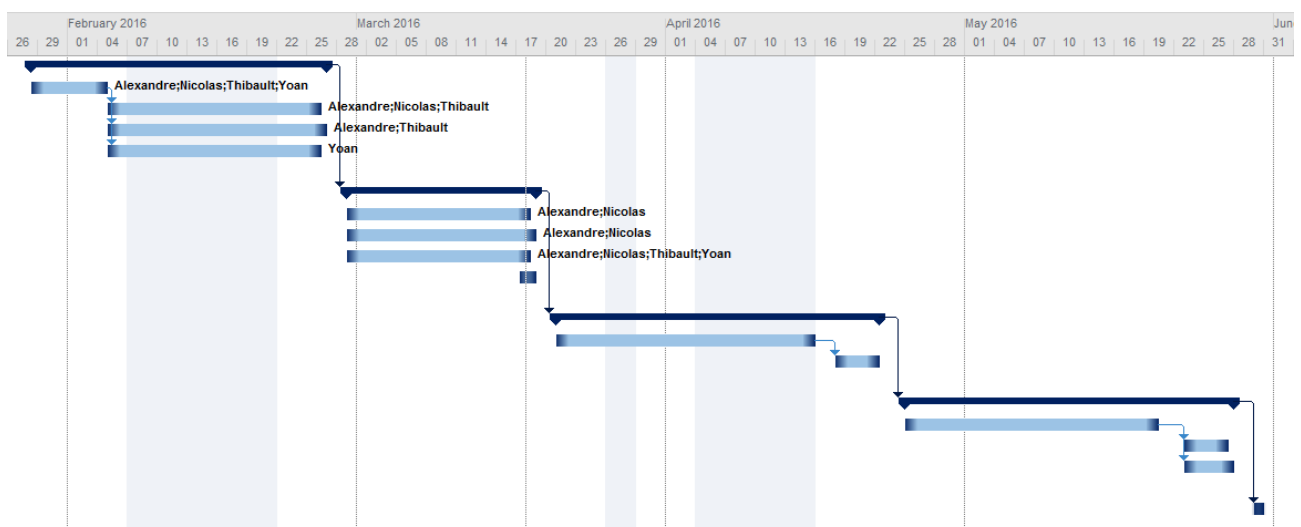
1	PFI0 / P0.0 : entrée digitale	12	AO 0 : sortie analogique
2	PFI1 / P0.1 : entrée digitale	14	AO GND : masse sortie analogique
3	PFI2 / P0.2 : entrée digitale	27	AI 13 : entrée analogique
4	PFI3 / P0.3 : entrée digitale	28	AI GND : masse entrée analogique
10	+5V : tension continue +5V	29	AI 6 : entrée analogique
11	D GND : masse digitale		

4 - Planification

Présenter ici la planification prévisionnelle et réalisée du projet en mettant en évidence les tâches ou fonctions à la charge de chaque étudiants.

	Nom de la tâche	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	Analyse	6,86 days?	Thu 28/01/16	Fri 26/02/16		
2	Description du système	3,57 days?	Thu 28/01/16	Thu 04/02/16		Alexandre;Nicolas;Thibault;Yoan
3	Réalisation des différents diagrammes de séquence et de cas d'utilisation	3,14 days?	Fri 05/02/16	Fri 26/02/16	2	Alexandre;Nicolas;Thibault
4	Description des cas d'utilisation	3,14 days?	Fri 05/02/16	Fri 26/02/16	2	Alexandre;Thibault
5	Réalisation différents IHM	3,14 days?	Fri 05/02/16	Fri 26/02/16	2	Yoan
6						
7	Conception	8,07 days?	Mon 29/02/16	Fri 18/03/16	1	
8	Plan de câblage	8,07 days?	Mon 29/02/16	Fri 18/03/16		Alexandre;Nicolas
9	Diagramme de classes	8,07 days?	Mon 29/02/16	Fri 18/03/16		Alexandre;Nicolas
10	Découverte des différentes librairies	8,07 days?	Mon 29/02/16	Fri 18/03/16		Alexandre;Nicolas;Thibault;Yoan
11	Diagrammes de séquence	1,43 days?	Thu 17/03/16	Fri 18/03/16		
12						
13	Réalisation	13,5 days?	Mon 21/03/16	Fri 22/04/16	7	
14	Programmation	10,79 days?	Mon 21/03/16	Fri 15/04/16		
15	Mise en relation	2,64 days?	Mon 18/04/16	Fri 22/04/16	14	
16						
17	Intégration	13,5 days?	Mon 25/04/16	Fri 27/05/16	13	
18	Finition de la programmation	10,79 days?	Mon 25/04/16	Fri 20/05/16		
19	Test finals	2,64 days?	Mon 23/05/16	Fri 27/05/16	18	
20	Rédaction compte rendu final	2,71 days?	Mon 23/05/16	Fri 27/05/16	18	
21						
22	Livraison du projet	0,93 days?	Mon 30/05/16	Mon 30/05/16	17	

Présenter ici le prototype final ou la maquette utilisée pour la recette (diagramme UML de déploiement, etc.).



5 - Conclusion

Jusqu'ici, nous avons rencontré différents problèmes, la plupart étant sur le fonctionnement des jauges de contraintes avec les amplificateurs-conditionneurs. Les premiers tests étaient peu concluant puisque le signal renvoyé par le conditionneur sur l'oscilloscope était énormément parasité. Nous avons donc décidé d'ajouter un filtre passe-bas afin de diminuer les parasites rencontrés. Pour cela, il a fallu utiliser des résistances et condensateurs adéquats en calculant la fréquence de coupure : $100\text{ k}\Omega$ pour les résistances et 33 nF pour les condensateurs.

Il fallait prendre différentes décisions tels que l'utilisation d'un filtre passe-bas du premier ou second ordre mais aussi la position de ce filtre par rapport au conditionneur.

Nous pouvions donc le mettre avant et prendre le risque de diminuer un signal déjà faible donc de ne plus pouvoir en tirer profit ou alors de le mettre après et devoir ajuster le gain du conditionneur en fonction de la sortie du filtre. Dans les deux cas, en utilisant un filtre, celui-ci a pour conséquence de déphaser le signal.

Finalement, nous avons utilisé un filtre du second ordre car nous avons jugé qu'un filtre de premier ordre n'était pas suffisant. De plus, le filtre a été positionné après car sinon nous ne pouvions pas avoir un signal fiable.

Il se peut également que nous rajoutions certains cas d'utilisation, si besoin.