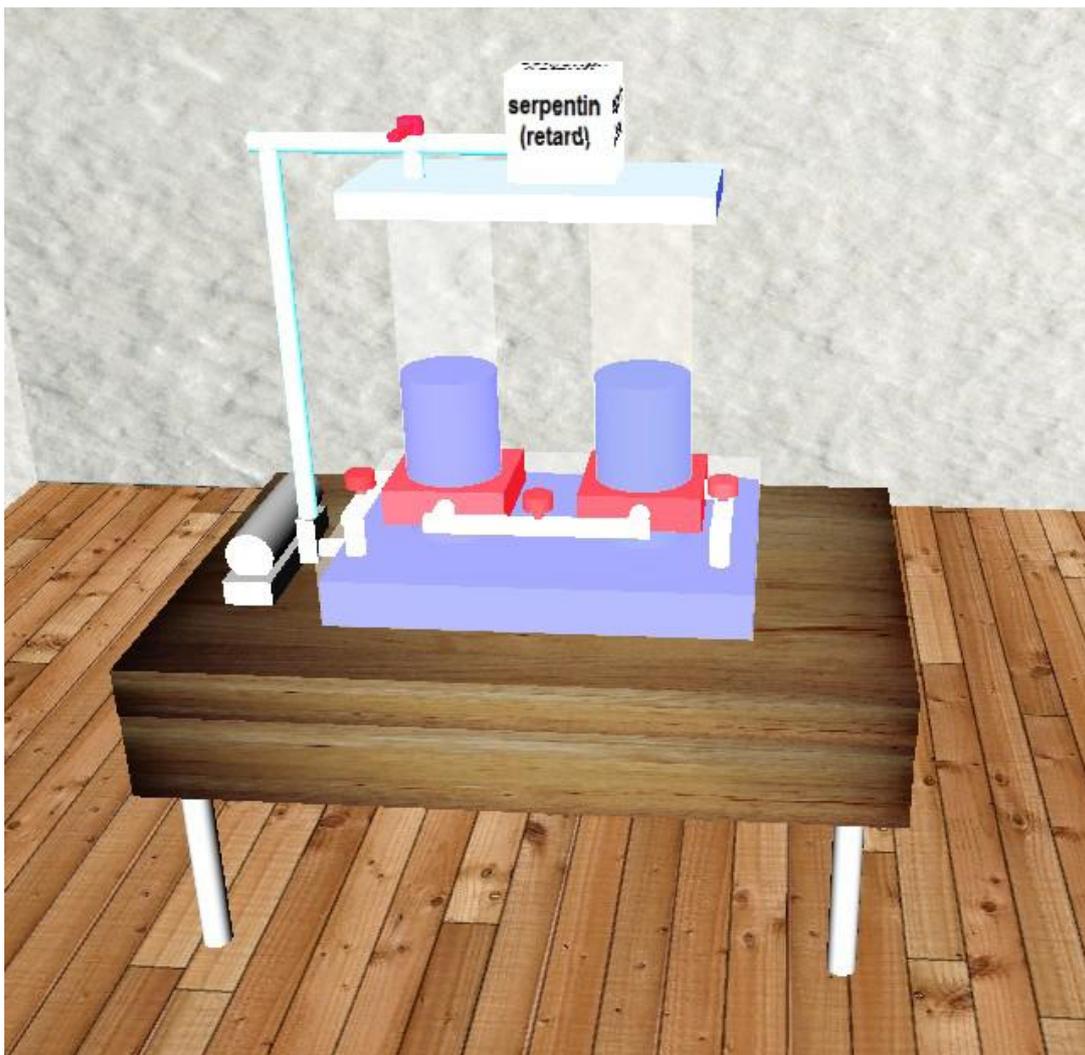


Réalisation d'une plateforme virtuelle de simulation



Réalisé par : **HIJAZI** Hussein
TSIMBA Roland
IMA4 SA

Encadrant : **OULD BOUAMAMA** Belkacem

2011-2012

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Mr Belkacem Ould Bouamama pour sa présence, son encadrement, ses conseils ainsi que son attention fournies de façon efficace tout au long de la réalisation de ce projet.

Nous voudrions également exprimer nos remerciements sincères à TARIQ Hamza qui par son expérience et ses commentaires nous a permis de surmonter les difficultés et progresser dans notre projet.

Nos remerciements s'adressent aux membres du Jury qui nous font l'honneur de participer à la soutenance ainsi à toutes les personnes qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

SOMMAIRE

Remerciements	2
Introduction	4
I- Présentation du projet	5
I.1 Historique	5
I.2- Présentation générale du projet	6
II- Nos réalisations	7
II.1- Interface graphique	7
II.1.1- Présentation de l'outil	7
II.1.2- Notre interface graphique	8
II.2- Réalisation de la plateforme 3D	9
II.2.1 Présentation de l'outil	9
II.2.2- Réalisation de la 3D	10
II.2.3- Mise en place du système 3D dans le schéma Simulink	11
III- Les différents régulateurs	12
III.1- Régulation PID	12
III.2- Régulation floue	13
IV- Simulation	15
Exemples de simulations	16
V- Conclusion	19

INTRODUCTION

La formation IMA (Informatique Microélectronique et Automatique) à Polytech Lille, option 'systèmes autonomes' nous a permis de suivre de nombreuses heures de cours, TD et TP sur la régulation, l'asservissement et la supervision des systèmes industriels. Durant cette formation nous avons donc eu la possibilité de réaliser des tests, des études sur les systèmes du premier et second ordre.

Les différents acquis durant ces séances nous ont donc transmis de méthodes et techniques de prise en main de projets concrets.

Nous avons donc eu pour mission de mettre en œuvre nos connaissances sur un projet complexe qui comprend une interface graphique, un système de suivi en direct des modifications apportées à travers la réalisation de la supervision d'un système hydraulique comportant deux réservoirs.

I- Présentation du projet

I.1- Historique

Un système hydraulique, est un assemblage de composants fonctionnant de manière unitaire et souvent en interaction afin d'utiliser un fluide sous pression pour effectuer un travail mécanique. Un tel système peut aussi être appelé installation hydraulique. Son principal élément est une centrale hydraulique.

Comme un système pneumatique, un système hydraulique est basé sur une différence de pression entre 2 zones, qui crée une force, puis un mouvement. Mais un système hydraulique utilise un fluide non compressible c'est à dire un liquide, alors qu'un système pneumatique s'appuie sur un fluide compressible, un gaz. Un système hydraulique comprend souvent un système pneumatique pour un stockage d'énergie, au moins temporaire, le gaz étant utilisé à la manière d'un ressort.

Un système hydraulique est souvent lié avec les domaines de l'électricité, l'automatisme, la mécanique industrielle, la construction mécanique ou machine spéciale

A partir d'une énergie souvent électrique ou thermique (moteur diesel par exemple), un système hydraulique permet de produire une énergie hydraulique tout en respectant les normes environnementales et de sécurité.

Le suivi de cela est généralement confié à un technicien ou ingénieur hydraulicien qui s'occupe généralement de :

- Concevoir le fonctionnement d'une machine ou d'un ensemble hydraulique.
- Déterminer les récepteurs hydrauliques, calcul force, couple, vitesse, puissance etc...
- Réaliser un schéma hydraulique
- Pour les systèmes complexes l'étude est faite avec un automaticien, un bon hydraulicien doit avoir de bonnes bases d'automatisme, afin de faire les meilleurs choix techniques
- Réalisation et mise en service de la machine

La vocation principale des systèmes hydrauliques est une, vocation jusqu'à présent utilisée à des fins de production d'énergie. Ainsi, tous les systèmes hydrauliques, qu'ils soient automatisé ou non, requièrent la présence d'au moins un opérateur, pour recueillir en temps réel les grandeurs physiques concernant l'énergie et la puissance du système hydraulique.

Aujourd'hui, les progrès réalisés, à la fois dans les performances des systèmes hydrauliques et leurs équipements, leur confèrent un très large potentiel d'utilisation dans les domaines civils et militaires.

Pression, débit, température, niveau du liquide, concentration..., toutes, sont des grandeurs qu'on retrouve lors de l'étude et la modélisation d'un système hydraulique plus au moins compliqué, comprenant des composantes telles que des pompes à eau, des tuyaux ou pipe, des vannes commandés manuellement ou électroniquement, des serpentins qui ajoutent des retards au système, des réservoirs de différentes dimensions, des capteurs qui servent à récupérer les grandeurs désirées.

Ainsi, dans le cadre, de nos études à l'école polytechnique universitaire de Lille, nous nous intéressons à l'étude du système hydraulique de manière générale, puis à la modélisation, la régulation et la commande avec différentes configurations du système, ensuite, à l'implantation du capteur de niveau, basé sur la conversion de pression en tension, ce qui va nous permettre d'avoir la mesure du niveau d'eau, d'être confronté aux problèmes types que nous allons pouvoir rencontrer en général, dans le monde professionnel lors de la gestion de gros projets technologiques.

I.2- Présentation générale du projet

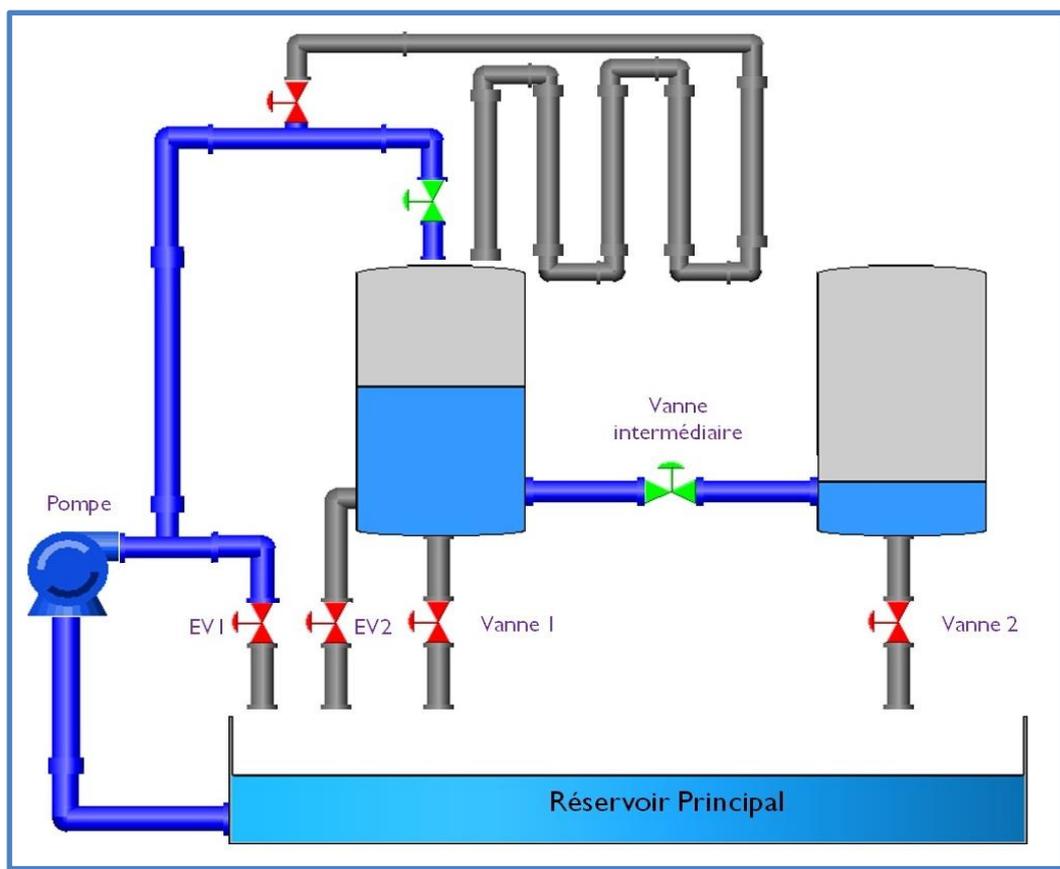
Ce projet s'inscrit dans le cadre du projet de la formation IMA4. Nous avons donc eu pour mission de travailler sur un système hydraulique.

Ce projet est scindé en deux grandes parties entièrement indissociables. En effet dans une première partie le binôme formé de BOUAIBA Hamza et GOSSE Martin a travaillé sur le système réel afin d'assurer la régulation des deux réservoirs. D'autre part, notre binôme (Roland TSIMBA et Hussein HIJAZI) a travaillé sur la réalisation de la plateforme de simulation virtuelle de ces réservoirs avec une visualisation en 3D de l'évolution du niveau dans les deux réservoirs.

Notre mission principale était donc de passer du système réel en un système virtuel de simulation qui comprend les éléments suivants :

- Deux cuves H1 et H2 ;
- Une pompe ;
- Des vannes ;
- Un serpentín pour simuler un retard au système ;

Ce système hydraulique peut être schématisé de la façon suivante :



Les objectifs détaillés de notre mission sont les suivants :

- Réalisation de l'interface graphique : une interface de supervision qui permettra à l'utilisateur du système de gérer le remplissage des réservoirs ;
- Conception de la structure 3D permettant de représenter le système et qui servira pour le suivi du niveau dans les deux cuves ;

- Gestion de la mise en relation entre l'interface graphique et la 3D ;
- Intégration des différents types de correcteur pour gérer la régulation du système

II- Nos réalisations

Le travail que nous avons effectué se repartie en deux parties principales : l'interfaçage graphique et la réalisation de la 3D ;

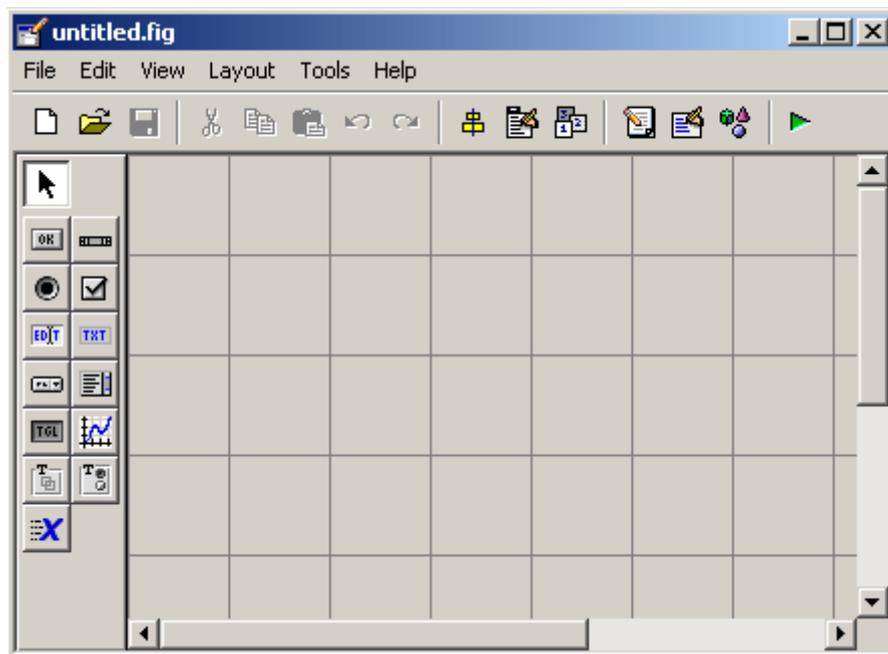
Pour cela, HIJAZI Hussein était chargé de la plateforme virtuelle 3D et la régulation PID, TSIMBA Roland était chargé de l'interface graphique ainsi que le régulateur Fuzzy.

II.1- Interface graphique

Nous avons créé dans cette partie une interface graphique qui permet de contrôler facilement le système. Cette interface a été réalisée à l'aide de l'outil **GUI** (Graphical User Interface) de Matlab.

II.1.1- Présentation de l'outil

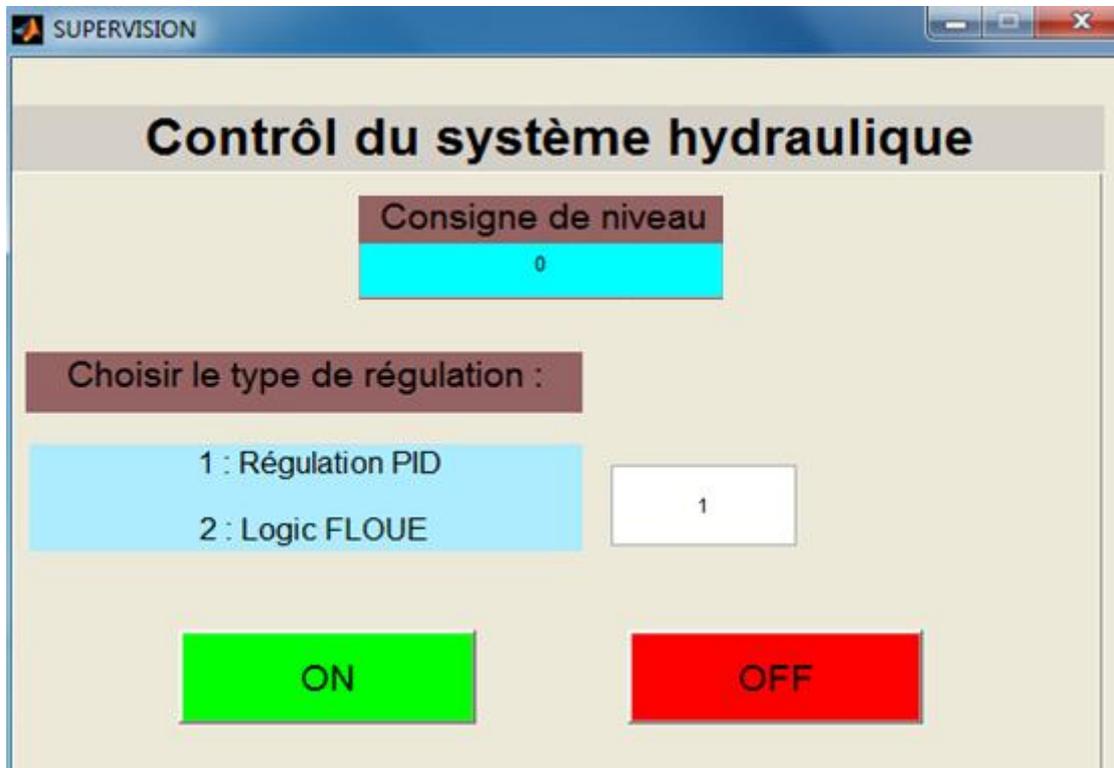
Le GUIDE est un outil graphique qui regroupe tout ce dont le programmeur a besoin pour créer une interface graphique de façon intuitive.



Le placement des objets est réalisé par sélection dans la boîte à outils, mise en place et mise à dimension à la souris. Un double-clic sur chaque objet permet de faire apparaître un menu avec les propriétés de cet objet. Leur modification et l'aperçu de ces modifications sont immédiats. Au final, le code est généré automatiquement et l'interface est enregistrée sous deux fichiers portant le même nom mais dont les deux extensions sont *.fig* et *.m*. Le premier contient la définition des objets graphiques. Le second contient les lignes de code qui assurent le fonctionnement de l'interface graphique.

II.1.2- Notre interface graphique

L'interface graphique que nous avons réalisée permet à l'utilisateur de saisir le niveau qu'il voudrait obtenir dans les deux cuves et aussi de choisir le type de régulation qu'il souhaitait réaliser. Cette interface se présente donc comme suit :



L'utilisateur se servira donc de cette interface de la façon suivante :

- Saisie de la consigne de niveau ;
- Choix du type de régulation en saisissant 1 ou 2 suivant le régulateur voulu ;
- Lancement du système en appuyant sur **ON** ou arrêt de ce dernier en appuyant sur **OFF** ;

Comme il est indiqué précédemment, l'ajout d'un élément sur l'interface graphique génère automatiquement le code associé à ce dernier. Nous avons donc pour notre interface :

Bouton ON

```
% --- Executes on button press in BOUTON_ON.
function BOUTON_ON_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to BOUTON_ON (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
init = 0 ;
assignin('base','cons',init);
assignin('base','var',init);
open('projet.mdl')
set_param('projet','SimulationCommand','start');
set_param('projet','SimulationCommand','update');
```

Lorsqu'on appuiera sur le bouton ON, le système (schéma simulink) sera initialisé avec les variables cons et var qui seront rentrées par l'utilisateur.

Bouton OFF

```
% --- Executes on button press in BOUTON_OFF.  
function BOUTON_OFF_Callback(hObject, eventdata, handles)  
% hObject    handle to BOUTON_OFF (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of  
MATLAB  
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)  
set_param('projet', 'SimulationCommand', 'stop');
```

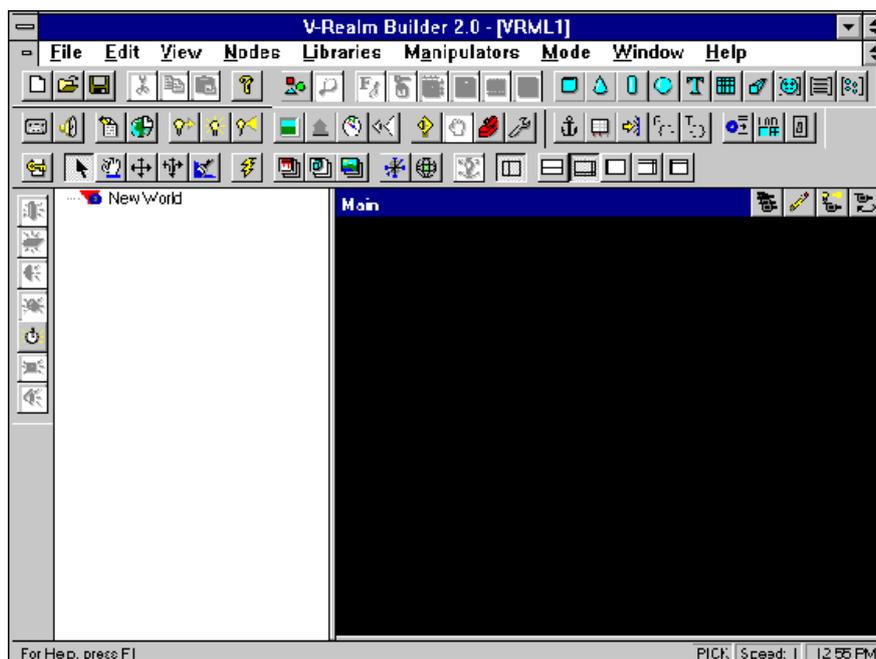
Dans les deux cas « projet » représente le schéma simulink qui constitue notre système.

II.2- Réalisation de la plateforme 3D

II.2.1- Présentation de l'outil

Simulink 3D Animation™ offre une interface reliant les modèles Simulink et MATLAB à des algorithmes 3D des objets graphiques. Il nous permet de visualiser et de vérifier le comportement du système dynamique dans un environnement de réalité virtuelle. Les objets sont représentés dans le Virtual Reality Modeling Language (VRML), un standard de modélisation 3D. Nous pouvons animer un monde 3D en changeant les propriétés des objets tels que la position, la rotation et l'échelle lors de simulations en temps réel. Nous pouvons également accéder à des données d'animation 3D dans Simulink ou MATLAB pour le post-traitement.

Simulink 3D Animation inclut une visionneuse pour l'enregistrement de haute qualité des animations. Avec l'éditeur de monde 3D, on peut réaliser des scènes détaillées assemblées à partir de modèles 3D exportés à partir de sources basés sur la CAO ou sur le Web. On peut intégrer plusieurs vues de la scène 3D à l'intérieur de chiffres MATLAB et d'interagir avec ces points de vue via un joystick à retour de force, de la souris l'espace, ou un autre périphérique matériel.

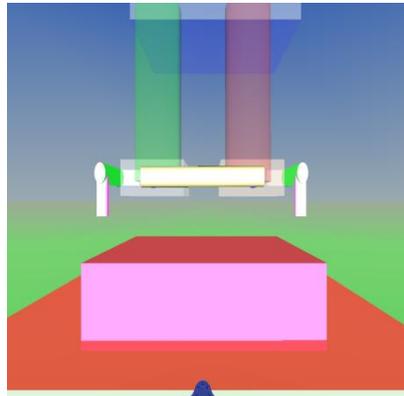


II.2.1- Réalisation de la 3D

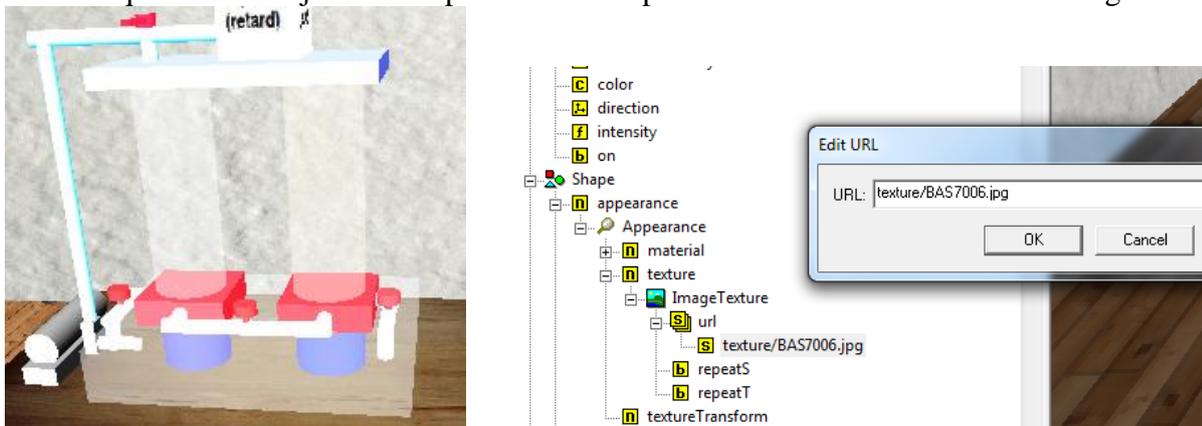
Pendant la première séance du projet, nous avons rencontrés Hamza TARIQ qui nous a donné des informations importantes sur la façon de travailler avec le V-Realm Builder qui sert à construire l'espace virtuel. Pour cela, la première séance servait à découvrir et prendre en main ce logiciel.

Tout d'abord , nous avons commencé à faire des tests en créant un cylindre et un cube et en changeant leurs positions, largeurs et longueurs ainsi que faire des rotations et des translations. Au moment où nous avons découvert la plupart des fonctionnalités du logiciel ou celles qui nous servent, nous avons commencé à faire le système. Nous avons créé les deux cuves cylindriques et le réservoir rectangulaire. La modification à la main des positions de ces objets était très difficile; Pour cela, nous avons cherché dans le guide d'utilisation sur le site du Matlab et nous avons découvert la fonction de translation qui permet de changer la position des objets en choisissant les coordonnées exactes du centre de gravité de l'objet.

Alors nous nous sommes servis de cette fonction ainsi que de celle de la rotation qui permet de faire des mouvements rotatifs aux objets suivant l'angle et l'axe choisis, pour créer la première partie du système (3 réservoirs et 3 vannes) .



Après, nous avons créé les objets secondaires comme la pompe, la table, la salle avec les murs et le logo de Polytech'Lille sur le mur central ainsi que le tableau accroché sur le mur gauche. Nous avons appris comment ajouter une image pour la texture des murs ou pour le tableau. Pour faire cela, On doit cliquer sur l'objet et puis cliquer sur la rubrique « introduire une image »; En faisant cela, une rubrique texture s'ajoute aux opérations et on pourra introduire le chemin de l'image choisie en



cliquant sur « apparence → texture → Imagetexture → URL ».

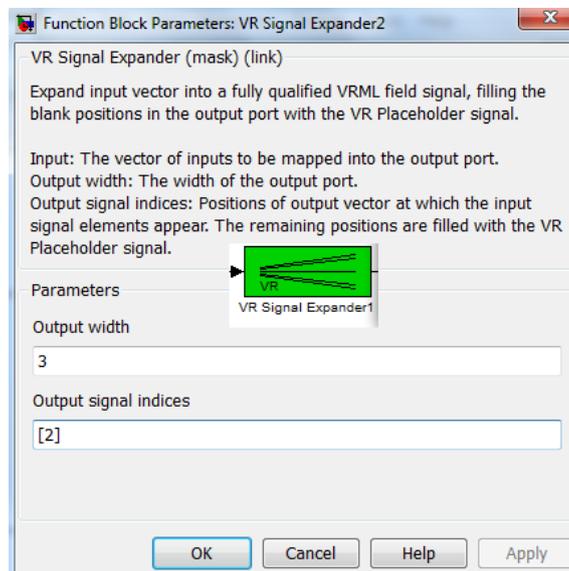
Quand la création du système total était finie, nous avons commencé à chercher comment régler l'eau dans les cuves et le réservoir.

Pour cela, nous étions amenés à créer deux autres cuves et réservoir en bleu pour représenter l'eau et on les a placés dans les cuves et réservoir principales déjà créées. Pour la simulation, nous croyions que pour représenter le changement du niveau de l'eau, il fallait jouer sur la taille des objets (hauteur). Mais après des recherches sur internet et sur le site de Matlab, nous avons constaté que dans la simulation 3D, les seules opérations autorisées sont la translation et la rotation des objets. Pour cela, nous étions obligé de définir une hauteur fixe pour les niveaux d'eau et de jouer sur la position de ces derniers.

II.2.2- Mise en place du système 3D dans le schéma Simulink

Notre système simulink nous fournit trois valeurs qui sont les hauteurs d'eau dans les deux cuves et le réservoir.

Dans le bloc 3D, chacune des trois entrées doit être de la forme (x, y, z). Puisque la translation du niveau d'eau doit être faite suivant l'axe vertical, nous devons convertir cette valeur en format (x, y et z). Pour cela nous étions obligés d'ajouter un bloc « Signal Expander » qui a pour fonction d'élargir le vecteur d'entrée en un signal de champ complet VRML, en remplissant les positions vides du port de sortie avec le signal d'espace réservé VR.



Paramètres du bloc Signal Expander

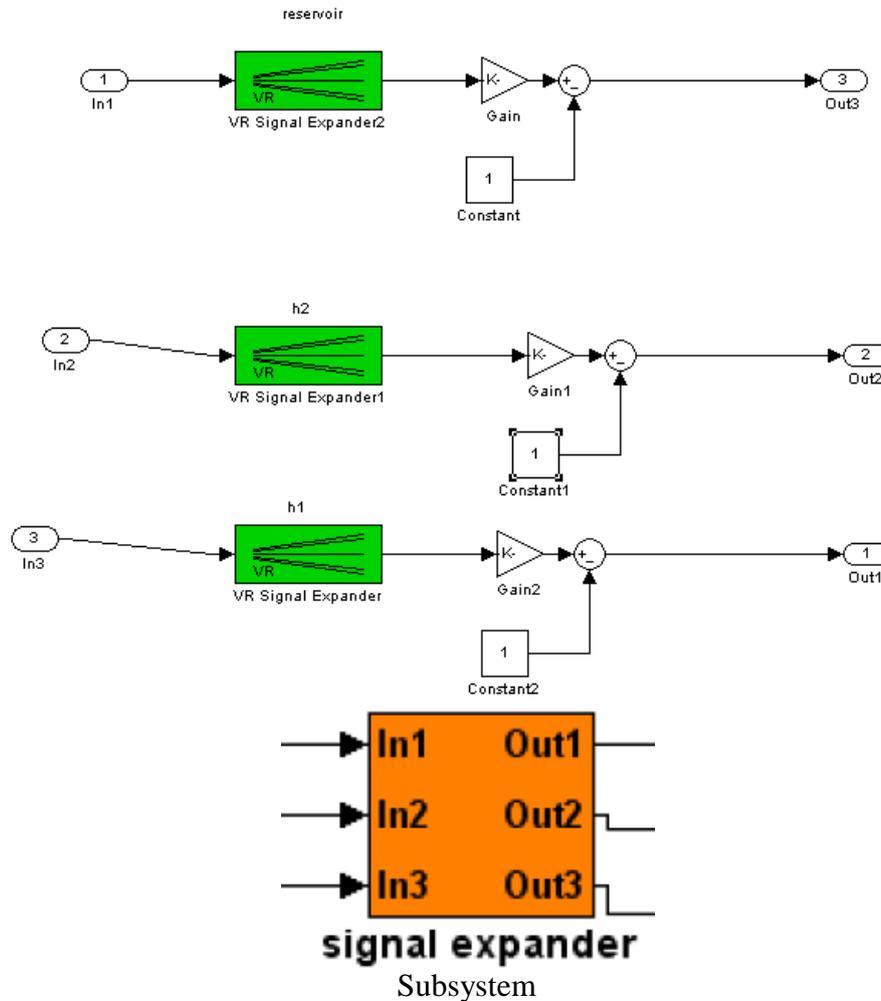
Le 'output width' détermine le nombre de composantes du signal de sortie.

Le 'output signal indices' (indice du signal de sortie) précise la composante qui représente la valeur d'entrée .

Pour le premier, nous avons choisi 3 puisqu'on a besoin d'un signal en format (x, y, z).

Nous avons affecté le signal d'entrée à la composante 2 parce que dans le monde virtuel (3D) l'axe vertical (perpendiculaire au sol) est l'axe y et pas z.

Un gain et un soustracteur ont été placés à la sortie de ce bloc pour répondre à l'échelle faite en 3D et pour bien visualiser le changement de niveau dans le réservoir sans qu'il y a des défauts. Après, l'ensemble est groupé dans un subsystem pour mieux séparer les fonctions de ce dernier ainsi que pour simplifier le schéma.



III- Les différents régulateurs

III.1- Régulation PID

Ce type de régulation est une des régulations les plus classiques et les plus utilisées dans les entreprises.

Pour la conception du régulateur PID, on a étudié les méthode algébrique de Ziegler et Nichols:

Alors en premier temps, on annule les gains intégral et dérivée et on fait varier le gain proportionnel K_p jusqu'à l'apparition du pompage. 0 ce moment, on note la valeur du gain K_p ainsi que le temps d'oscillations T_{osc} .

Puis on calcule les gains K_i et K_d suivant le tableau de cette méthode.

Type de correcteur	Gain K_r	τ_i	τ_d
Proportionnel	$0,5.K_o$		
PI	$0,45.K_o$	$0,83.T_o$	
PID	$0,6.K_o$	$0,5.T_o$	$0,125T_o$

Tableau de Ziegler et Nichols

Nous avons trouvé autres valeurs possibles pour le PID qui permettent d'avoir un régulation plus rapide mais avec un grand dépassement et vis versa. Alors on a choisi les valeurs ci-dessous qui

représentent la moyenne entre les deux valeurs trouvés (un système rapide avec un dépassement important mais acceptable).

PID :

$K_p=0.031/45$

$K_i =0.00002$

$K_d=0.0000175$

a) *Avantages:*

- performance dynamique.
- la précision de réglage.
- la stabilité.

L'ajustage individuel des paramètres de réglage permet l'adaptation optimale des vannes proportionnelles aux applications spécifiques.

b) *Inconvénients :*

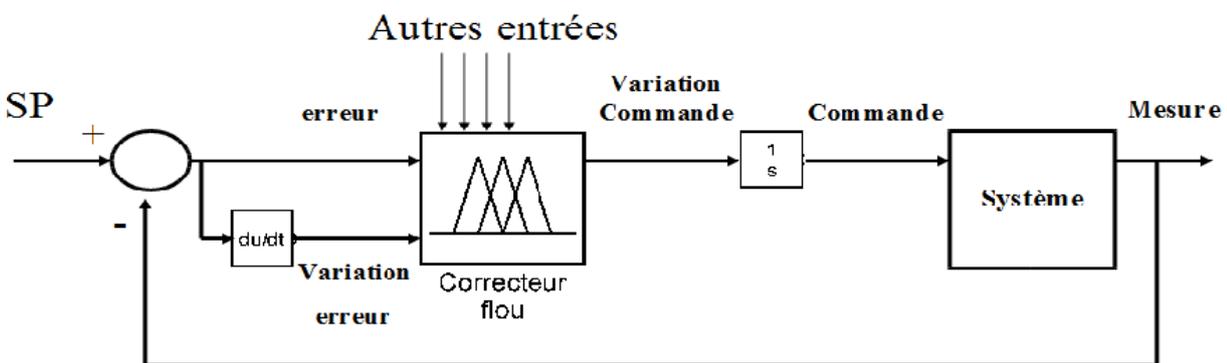
- à peu près correct pour les bons systèmes, mais pas utilisable pour les systèmes à faible réglabilité.
- Jamais utilisable pour les systèmes fortement non linéaires ou pour les systèmes multi-variables (non découplés).

III.2- Régulation floue

La commande floue a pour but de traiter des problèmes de commande de processus à partir uniquement de connaissances de comportement que les spécialistes du procédé doivent formuler sous forme linguistique (floue).

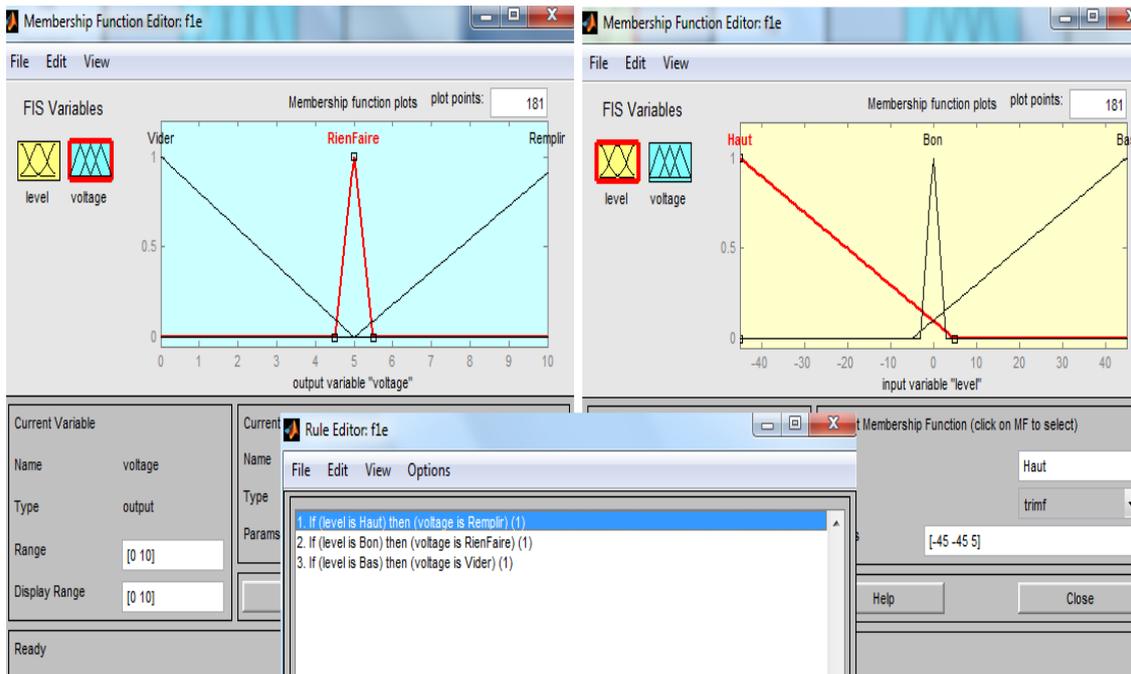
En commande floue, la connaissance des diverses fonctions de transferts n'est donc pas nécessaire.

La boucle de régulation de la commande floue peut être présentée comme suit :



L'entrée représente l'erreur ou la variation de l'erreur selon que l'on choisisse une commande floue à une ou deux entrées.

- Floue une entrée



La commande du système ayant été réalisée à l'aide de cette commande floue, on constate que si elle est bien réalisée la consigne atteinte la mesure mais on observe une erreur. En effet la commande floue présente des avantages et des inconvénients :

a) Avantages

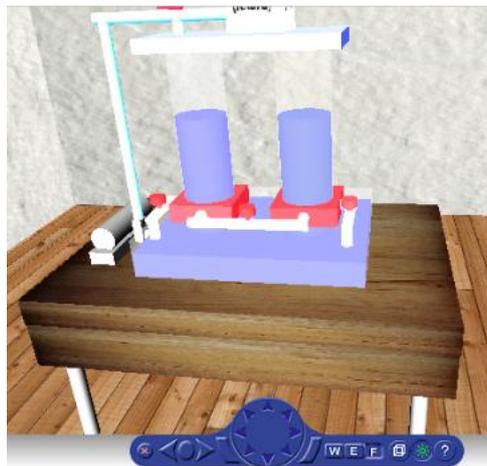
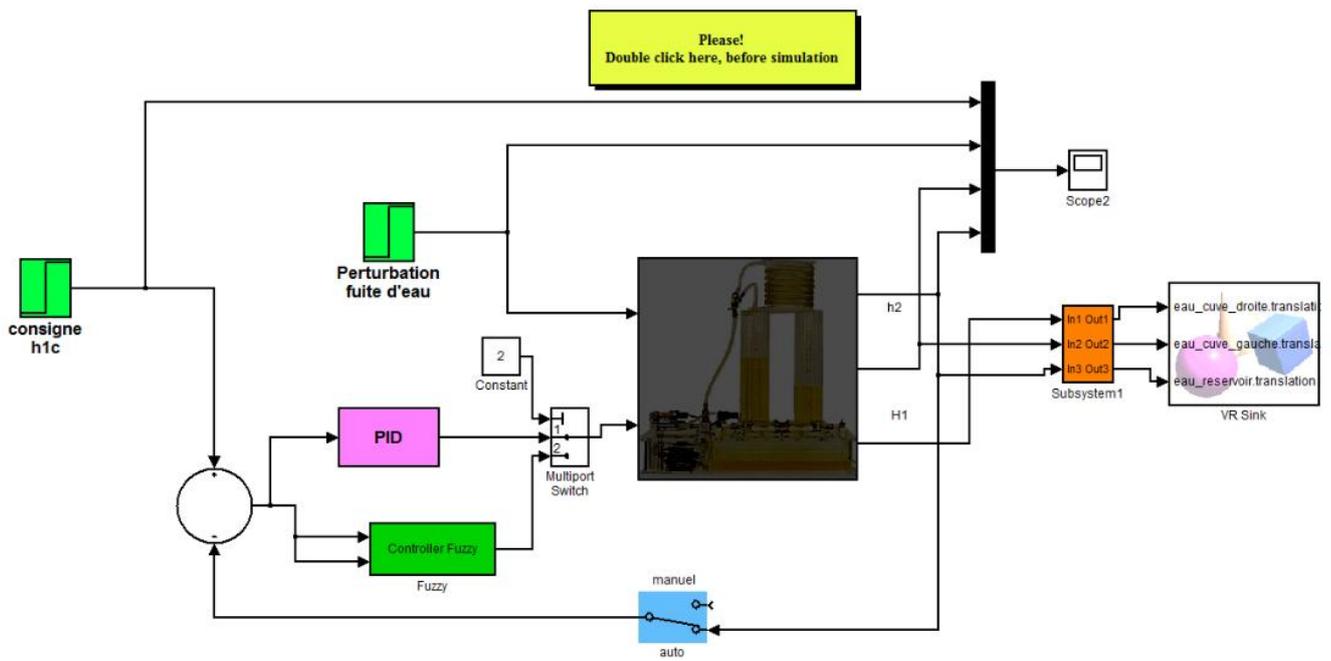
- La théorie est simple et s'applique à des systèmes complexes
- Pas de modèles mathématiques requis du procédé à asservir
- Robustesse de la commande vis à vis des incertitudes.
- Possibilités de commande auto-adaptative aux variations du procédé

b) Inconvénients

- Technique de réglage essentiellement empirique.
- Performances dépendent de l'expertise.
- Il n'existe pas de théorie générale qui caractérise rigoureusement la stabilité, la robustesse.

IV- Simulation

Après avoir effectué la correction des hauteurs d'eau dans les réservoirs par les 2 correcteurs, on a créé le schéma final de la simulation avec les 2 régulateurs (PID et Fuzzy). Pour que l'utilisateur aille la possibilité de choisir le type de régulation désirée, on était obligé d'insérer un Switch qui a comme entrées, mes 2 signaux venant des correcteurs ainsi que la valeur de la constante ajoutée par l'utilisateur.



Animation 3D

Exemples de simulations :
Régulation PID :

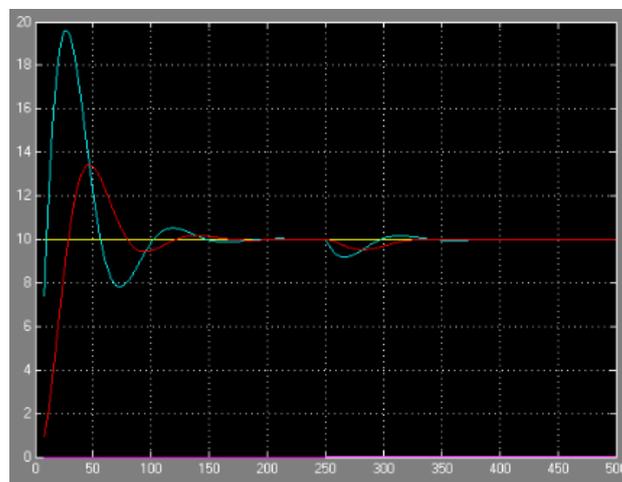


Fig1

La figure1 représente l'évolution des 2 hauteurs h1 (en bleu) et h2 (en rouge) de l'eau provenant du serpent (avec retard) ainsi que l'autre vanne par rapport au temps ainsi que la valeur de la consigne (=10 en jaune).

Dans la suite, la hauteur h1 est représentée par la courbe en bleu, h2 en rouge.

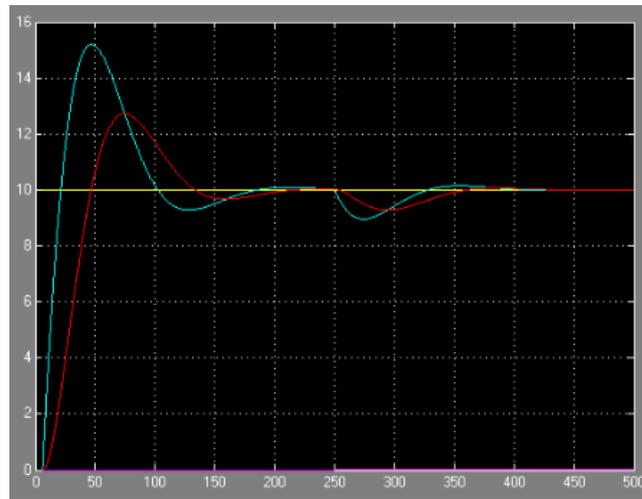


Fig2 : l'eau provenant à travers le serpent seul

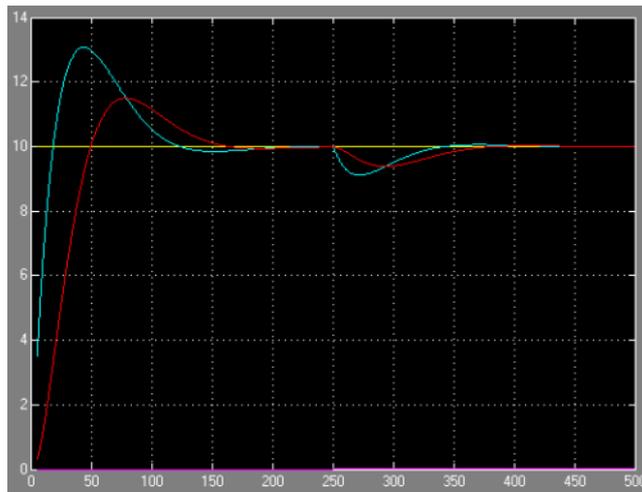


Fig3 : l'eau provenant de la vanne normale

Fig 4, 5 et 6 : consigne=30

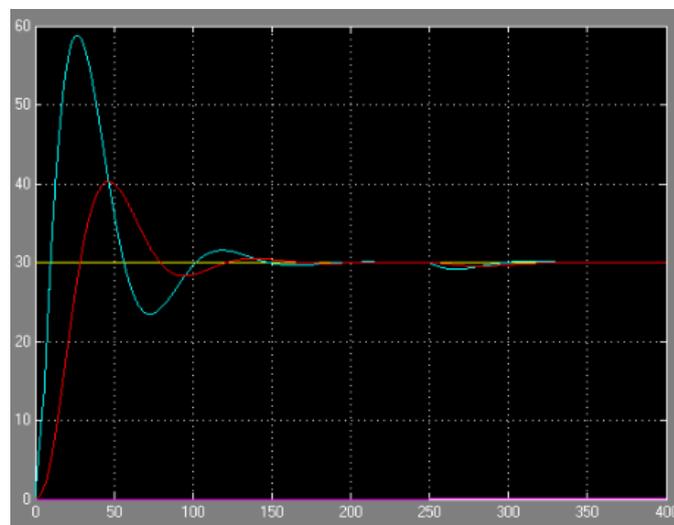


Fig4 : l'eau provenant du serpent et de l'autre vanne

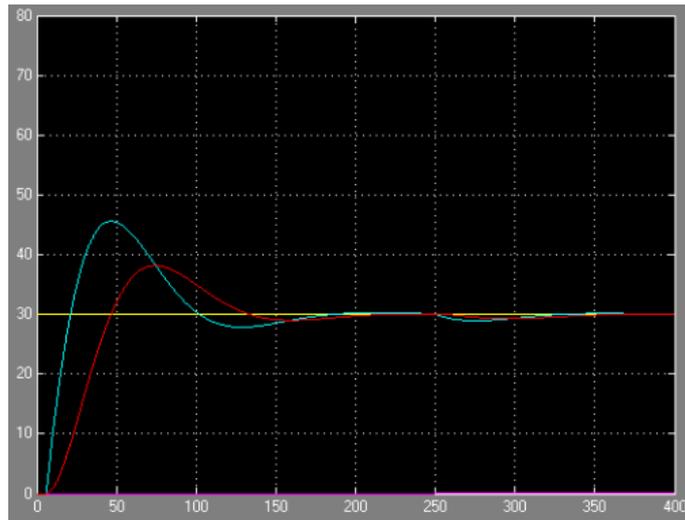


Fig5 : l'eau provenant à travers le serpentin seul

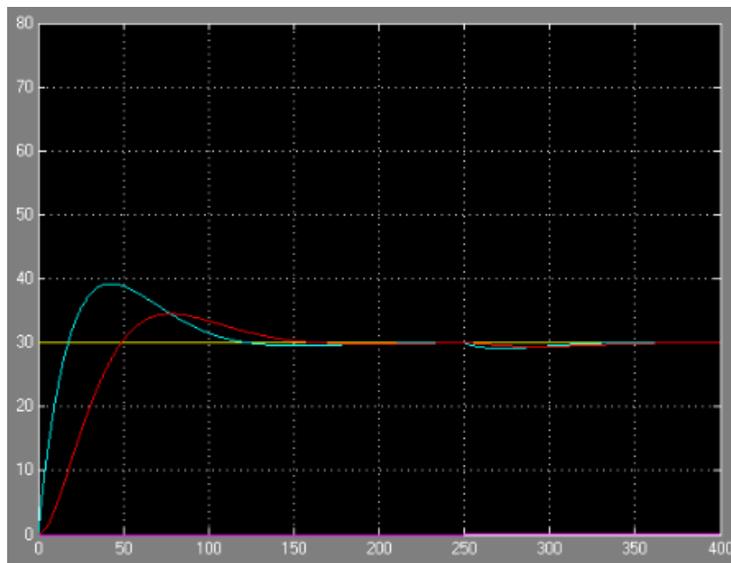


Fig6 : L'eau provenant à travers la vanne directe

On peut visualiser la stabilisation des 2 niveaux h_1 et h_2 dans les 2 cas (consigne = 30 et 10).

On peut voir le grand dépassement dû à la présence du serpentin qui représente le retard dans notre système qui s'explique (dans le système réel) que quand le niveau d'eau atteint la valeur désirée, la pompe s'arrête mais toute la quantité d'eau présente dans le serpentin (qui n'est pas négligeable) arrive dans le réservoir1 permettant ce dépassement dans les 2 réservoirs.

A la 250ème seconde on introduit au système une perturbation d'un débit Q_f , et on réalise que le système se corrige rapidement.

Régulation Fuzzy :

La commande floue ayant pour but de traiter des problèmes de commande de processus à partir uniquement des connaissances du comportement formulé sous forme linguistique, on remarque judicieusement des écarts entre la consigne et la mesure dans notre simulation.

En effet pour une consigne de 20, on observe un léger dépassement (la mesure étant de 22) ceci est du au fait que les différentes formulations linguistiques que l'on peut recevoir ne représente en aucun cas la fonction de transfert du système. Cette différence est clairement montré lors de la simulation avec un correcteur de type PID car ce dernier se base sur une connaissance des équations régissant le système.



Fig7

Sur cette courbe nous avons effectué un zoom afin de de pouvoir visualiser les différentes courbes, les observations étaient nettement plus visible à partir de 250 d'où la courbe obtenue.

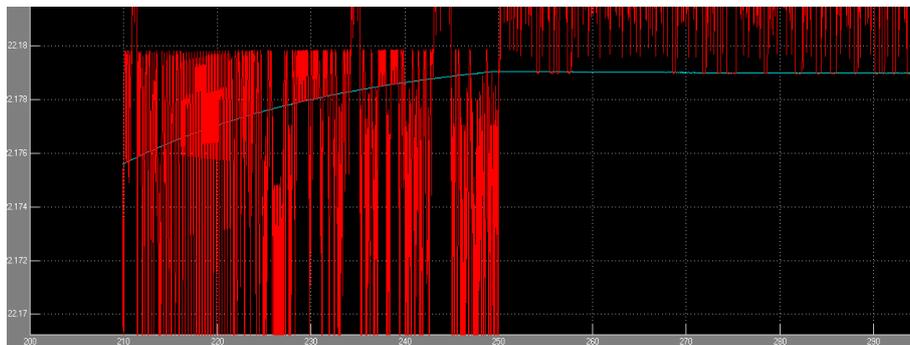


Fig8

CONCLUSION

Ce projet s'est avéré très utile et enrichissant sur le niveau théorique ainsi que sur le niveau pratique.

Ce projet nous a permis de mettre en oeuvre les compétences acquises durant les séances de cours, TD et TP d'automatique et de commande des systèmes. Nous avons pu découvrir deux logiciels GUI et VRealm-Builder et alors acquérir des nouvelles compétences dans les domaines de simulation et de la commande. Nous avons pu découvrir les contraintes qu'un ingénieur dans notre domaine peut affronter dans son quotidien et ses projets comme la recherche d'informations, la prise en main des nouveaux systèmes et logiciels.

Notre projet pourra servir comme base pour être amélioré par d'autres étudiants et aussi pour des futurs TP pour la matière de commande des systèmes. Cette base de TP proposera des multiples modes de fonctionnement d'un système hydraulique suivant le choix de l'étudiant sur le type de régulation, choix du retard ...