

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

PROPOSITION

PROJET DE FIN D'ÉTUDES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE LOGICIEL ET DES TI

Optimisation des paramètres d'une éolienne en mouvement

Auteur :
Pierre-Alexandre ST-JEAN
<pa@stjean.me>

Superviseur :
Dr. Christian DESROSIERS
<christian.desrosiers@etsmtl.ca>

8 mai 2013

Résumé

Le club étudiant Chinook, afin de continuer son succès en compétition améliore constamment son éolienne. L'ajout d'un système mécanique et électronique de contrôle de l'angle d'attaque de celle-ci ainsi que du ratio de transmission permettront d'augmenter les performances du véhicule. Afin de commander ces nouveaux systèmes, un algorithme de contrôle doit être développé afin de gérer ces systèmes. Le présent projet propose donc de caractériser l'éolienne puis de créer un tel algorithme de contrôle de l'éolienne à l'aide des algorithmes génétiques.

Table des matières

Résumé	1
Table des matières	2
Table des figures	2
1 Problématique et contexte	3
2 Objectifs du projet	3
3 Méthodologie	4
4 Livrables et planification	5
4.1 Description des atéfacts	5
4.2 Planification	6
5 Risques	7
6 Techniques et Outils	7
Références	7
Annexes	8
Annexe A Architecture Électrique du Chinook 3	8

Table des figures

1 Chinook 1 et 2	3
2 Mat et Rotor du Chinook 3	4
3 Carte électronique de calcul	5

1 Problématique et contexte

Le véhicule éolien Chinook₁ de l'ÉTS est un regroupement de personnes¹ qui analyse, conçoivent et construisent un véhicule propulsée par une éolienne. Le véhicule participe, chaque année, depuis deux ans à une compétition de véhicules de ce type qu'ils ont remportés l'année dernière. Cette année le véhicule doit être amélioré afin de pouvoir rester compétitif. Pour ce faire un système électronique de contrôle de l'angle d'attaque des pales de l'éolienne sera installé. La transmission du véhicule sera aussi modifiée afin de pouvoir être contrôlée électroniquement.



FIGURE 1 – Le Chinook 1 et le Chinook 2 en exposition dans le Hall A de l'ÉTS

Afin de pouvoir contrôler ces systèmes électroniques, des modèles de contrôle et d'optimisation de la puissance de l'éolienne doivent être créés. Les modèles théoriques applicables aux éoliennes standards doivent être modifiés afin de prendre en compte le fait que l'éolienne du Chinook est une éolienne mobile. Ainsi les systèmes de contrôles d'éoliennes fixes ne sont pas applicables dans le contexte d'une éolienne mobile.

2 Objectifs du projet

Le présent projet a pour but d'amener l'éolienne du Chinook 3 [figure : 2] à opérer dans les conditions et à l'aide des paramètres d'opérations optimales. Pour ce faire, l'éolienne doit être caractérisée, un modèle de contrôle et d'optimisation de l'angle d'attaque (β) des pales et du ratio de transmission qui affecte la vitesse de rotation de l'éolienne (ω) doit être conçu, analysé puis ce modèle doit être implanté dans le logiciel de la carte électronique de calcul.

Le système de contrôle pourra, à tout moment, changer l'angle d'attaque des pales (β) ou le ratio transmission afin d'atteindre les performances optimales de l'éolienne dans les conditions de vitesse du véhicule et de vitesse du vent.

1. <http://chinookets.com>

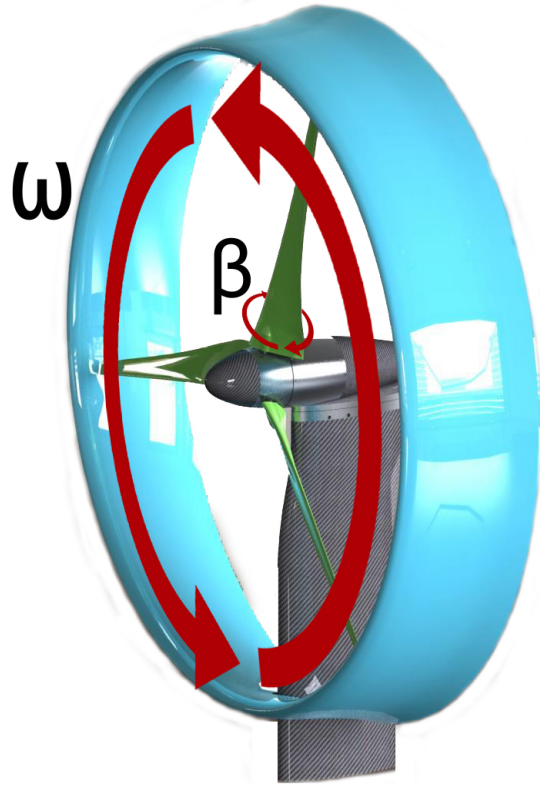


FIGURE 2 – Rendu 3D du mat et du rotor du Chinook 3

Un tel modèle ainsi opérationnel dans les systèmes de contrôle du Chinook permettra au véhicule d'atteindre de meilleures vitesses et ce plus rapidement tout en permettant de conserver les vitesses atteintes et de mieux résister aux turbulences que par les années passées.

3 Méthodologie

La méthode utilisée dans ce projet sera adaptée à partir de plusieurs méthodes d'optimisation par algorithme génétique, entre autres celles provenant de [Riccardo Poli(2008)] et de [Ouissam Belghazi(2012)]. Ces méthodes seront appliquées selon des processus de génie logiciel (développement dirigé par les spécifications, etc...)

Premièrement, le facteur de conversion de l'éolienne (C_p) doit être caractérisé. Pour ce faire on doit récupérer des données expérimentales de l'éolienne selon plusieurs paramètres puis on doit trouver une équation qui régit ces données. Afin de trouver l'équation, une régression de style "Curve-Fitting" tel que décrite dans [Riccardo Poli(2008)] à la section 12.2 sera utilisée.

Lorsque le comportement de l'éolienne sera caractérisé, un modèle mathématique de contrôle de l'éolienne sera généré à l'aide d'un algorithme génétique. La méthode décrite dans [Ouissam Belghazi(2012)] sera améliorée et adaptée afin de convenir au contexte d'utilisation du Chinook et cette méthode sera utilisée afin de générer le modèle mathématique de contrôle.

Suite à la création de la formule de contrôle et à partir de l'architecture électrique et logiciel [Annexe A] du Chinook 3, on peut inclure ces équations à l'intérieur du Chinook dans la carte électronique de calcul [figure 3]. Les équations donneront en sortie : l'angle

d'attaque et le ratio de transmission à appliquer. Ces données seront envoyés aux systèmes qui contrôlent les moteurs.

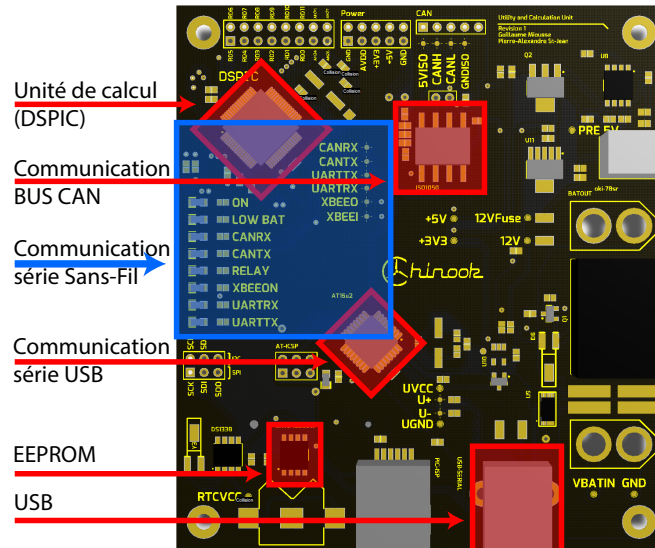


FIGURE 3 – Carte électronique d'acquisition de données, de surveillance du courant électrique et de calcul de l'angle d'attaque des pales et du ratio de transmission

Des tests sur route seront ensuite effectués avec le Chinook afin de valider si les modèles calculés à partir d'algorithmes génétiques fonctionnent.

Afin de permettre à l'éolienne de se comporter correctement lorsqu'elle est dans un autre état qu'en régime permanent, des états supplémentaires seront ajoutés à l'algorithme de contrôle, par exemple : lorsque la voiture va plus vite que l'éolienne (poussée) ou lorsqu'elle est à l'arrêt.

En résumé, le projet consiste en :

- La récolte de données sur l'éolienne à différents β et λ ;
- La caractérisation du facteur de conversion de puissance de l'éolienne (C_p), c'est à dire le ratio entre la puissance du vent fournie à l'éolienne et la puissance de sortie de celle-ci ;
- L'adaptation et l'amélioration de la méthode de [Ouissam Belghazi(2012)] afin qu'elle convienne au contexte du Chinook. Cette méthode génère un modèle mathématique de contrôle de l'éolienne ;
- l'implémentation du modèle mathématique de contrôle de l'éolienne dans la carte électronique de calcul ;
- Les tests sur route afin de valider la méthode.

4 Livrables et planification

4.1 Description des atefacts

À compléter.

- Projet :
 - Proposition de projet
 - Rapport d'étape

- Rapport final
- Présentation
- Article (description de la nouvelle méthode)
- Spécifications
- Éolienne :
 - Données de banc-d'essais
 - Algorithme génétique de caractérisation
 - Caractérisation de l'éolienne, C_p en fonction de β et λ
- Optimisation du contrôle de l'éolienne :
 - Outils de simulation
 - Algorithme génétique d'optimisation
 - Modèle mathématique d'optimisation de l'éolienne en fonction des caractéristiques environnantes
- Carte électronique :
 - implémentation de base
 - implémentation avec modèle mathématique

Artéfact	Description
Proposition de projet	
Rapport d'étape	
Rapport final	
Présentation	
Article	Article scientifique décrivant la méthode utilisée pour caractériser l'éolienne et créer l'algorithme d'optimisation
Spécifications	
Carte électronique : implémentation de base	Implémentation permettant de faire fonctionner tout les composants de la carte électronique et prêt à accueillir la fonction de calcul. Cet implémentation permet de faire fonctionner les modules de communication soit le XBEE, le module CAN et le module de USB-SERIAL. L'implémentation permettra aussi de faire fonctionner le module de mémoire morte (EEPROM), le module de surveillance électrique et le module d'horloge (realtime clock).
Carte électronique : ajout modèle mathématique	Implémentation du modèle d'optimisation de l'éolienne à l'intérieur de la carte électronique

4.2 Planification

À compléter.

Tâche	Début - Fin	Effort
Fiche de renseignement	26 Mars 2013	1h
Proposition de projet	6 Mai 2013 - 12 Mai 2013	10h
Rapport Final		
Présentation		
Article		
Planification du projet		
Rencontre avec professeur superviseur	(Au besoin)	
Mise en place de l'environnement de développement		
Spécification du projet		
Programme de caractérisation de l'éolienne		
Récolte de données		
Caractérisation de l'éolienne		
Outils de simulation		
Programme génétique d'optimisation		
Carte électronique : implémentation de base		
Carte électronique : ajout modèle mathématique		
Tests sur route		

5 Risques

À compléter.

- La complexité du projet
- Le manque de données
- Le non fonctionnement de la méthode d'optimisation
- Le risque que la préparation du véhicule ne respecte pas les délais

6 Techniques et Outils

À compléter.

Les spécifications logiciel et du projet seront écrites à l'aide la de la méthode (Specification by example)... [citer le livre ici](#).

Formattage des documents de remise à l'aide des logiciels libres \LaTeX et de \XeLaTeX et de nombreux paquets disponibles (CTAN²).

Tout les documents et codes sources seront gérés avec le système de gestion de versions GIT³.

Le service de partage de fichiers Dropbox sera utiliser afin de partager plusieurs fichiers entre différents postes et différentes personnes.

Références

[Ouissam Belghazi(2012)] Ouissam Belghazi, M. C. (2012). Pitch angle control for variable speed wind turbines using genetic algorithm controller. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 39. No. 1, 005 -- 010. ISSN 1992-8645.

[Riccardo Poli(2008)] Riccardo Poli, William B. Langdon, N. F. M. (2008). A field guide to genetic programming .

2. <http://www.ctan.org/>

3. <http://git-scm.org>

Annexes

A Architecture Électrique du Chinook 3

