

La modélisation d'un chargeur sur pneus radiocommandé à l'échelle 1:14

Ing. N. GREGOIRE
École d'Ingénieurs – HENALLUX Pierrard Virton

Cet article reprend les étapes de la réalisation d'un modèle réduit radiocommandé à l'échelle 1:14 d'un chargeur sur pneus. Différentes parties de ce modèle ont été étudiées afin de respecter au mieux la machine originale à l'échelle 1/1. Celles-ci englobent la réalisation de la carrosserie, le dimensionnement de la transmission par roues dentées et du système hydraulique permettant la mise en mouvement de l'engin et enfin, la réalisation d'une radiocommande et d'un système de communication pour le pilotage des différentes fonctions.

Mots clés : RC (radiocommandé), NG MODELISME, modélisation, chargeur sur pneus.

This article describes the steps involved in the building of a 1:14-scale radio-controlled model of a wheel loader. Different parts of this model have been studied in order to respect the original 1/1 scale machine as closely as possible. These include the bodywork, the sizing of the gear transmission and the hydraulic system used to set the machine in motion, and the development of a radio control and communication system to control the various functions.

Keywords: RC (radio-controlled), NG MODELISME, modeling, wheel loader.

1 Introduction

Donner un aspect concret à ses études semble être un point primordial pour rester concentré sur celles-ci. C'est pour cela que ce projet de modélisation d'un chargeur sur pneus VOLVO L180H radiocommandé à l'échelle 1:14 a vu le jour en 2019. Celui-ci est effectué en partenariat avec l'entreprise SMT Belgium, importateur des équipements de génie civil VOLVO en Belgique. Le statut étudiant-entrepreneur a été demandé au fil des années permettant d'effectuer le projet au sein des cours en terminant par un travail de fin d'études. Aujourd'hui, le projet est en phase finale avec les réglages de la machine et l'amélioration des différentes pièces.

La finalité de ce projet est de démarrer une activité entrepreneuriale visant à radiocommander à l'échelle 1:14, différentes machines de génie civil. Ces modèles étant destinés à des passionnés de modélisme RC ou aux constructeurs qui souhaiteraient une réplique de leur(s) machine(s).

2 Méthodologie

2.1 Modélisation générale par CAO

La première étape pour la modélisation est de fixer les différentes dimensions permettant d'obtenir une base pour la conception 3D. Pour ce faire, l'empattement de la machine est reprise d'un plan d'englobement constructeur pour être ensuite remise à l'échelle. Les différentes pièces de carrosserie et le châssis peuvent alors être dessinés sur base de ce plan et de photos.



Figure 1 : Chargeur sur pneus à modéliser à l'échelle 1:14

Le châssis sera en acier permettant d'atteindre une masse au sol d'au moins 10 kg afin de répondre aux performances attendues. Le modèle doit avoir une masse suffisante pour puiser dans un tas de sable. Cette valeur est déterminée sur base de discussions avec des utilisateurs. Les modèles les plus performants font entre 10 à 12 kg contre 5 à 7 kg pour les autres. Cette masse est également importante pour l'aspect visuel et le réalisme de la maquette lors des mouvements. Le programme de CAO permettra de vérifier la validité de cette masse.

Pour obtenir une finition de qualité, la découpe du châssis en acier est assurée par le procédé du laser et celui-ci est assemblé par le procédé de soudage TIG ce qui permet de réaliser une soudure de précision.

Les pièces de carrosserie (cabine, capot, etc.) sont imprimées en 3D, soit en résine ou en impression filament suivant l'utilisation de la pièce et sa finalité, les deux procédés étant différents en termes de résolution et de résistance.

2.2 Transmission par roues dentées

L'objectif étant d'être le plus réaliste possible, la mise en mouvement de l'engin se fait par une transmission mécanique employant des roues dentées en acier. Afin d'en déterminer les modules des dents pour chaque train d'engrenages, la formule suivante est utilisée :

$$m \geq 2.34 \sqrt{\frac{F_t}{k * \sigma_{pe}}}$$

Avec F_t [N] (force sur la dent), k [/] (rapport entre la largeur de la dent et le module m) et σ_{pe} [N/mm²] (résistance à l'élasticité sous coefficient de sécurité).

La vérification des valeurs obtenues peut s'effectuer en utilisant le couple appliqué C [N.mm] sur la denture et le nombre de dents Z .

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{C * 10.94}{k * Z * \sigma_{pe}}}$$

Ces formules permettent de déterminer le module minimal pour transmettre l'effort sur la dent.

Afin de déterminer la force sur la denture dans un cas critique, le problème qui est posé est de pousser 3kg de sable sur un plan incliné de 20° sous une certaine vitesse.

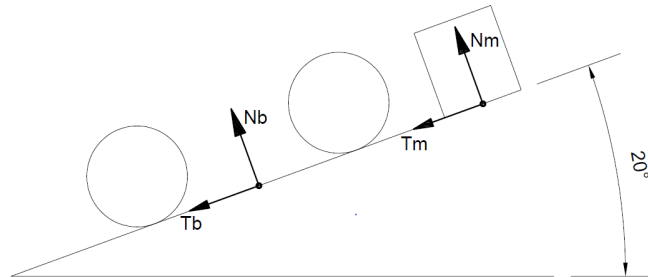


Figure 2 : Schématique du problème

Il suffit de suivre la cinématique en partant des roues vers les différentiels de ponts, la boîte de vitesses et enfin le moteur. Ceci permet, en connaissance des différents rapports de transmission et donc des couples et vitesses à chaque étape, de déterminer les caractéristiques du moteur électrique nécessaire pour atteindre les performances demandées.

2.3 Système hydraulique

La machine réelle utilise une énergie hydraulique (huile) pour le mouvement du bras de levage du godet et de la direction. La pression dans les vérins peut atteindre 300 bars. Pour le modèle RC à l'échelle, un système hydraulique sera utilisé. Celui-ci est composé de vérins, de distributeurs 4/3 rotatifs et d'une pompe.

Dans la même optique que pour le point précédent, les performances à atteindre sont fixées.

Sur base de la CAO, le volume du godet conduit à la masse que la machine devra soulever en fonction de la densité du matériau.

Volume du godet	
Superficie (mm ²)	6607,03
largeur (mm)	228
Volume du godet: (mm ³)	1506402,84
Volume du godet: (m ³)	0,00150640
Masse maximale de gravier	
Masse volumique gravier (kg/m ³)	1800
Masse maximale de gravier (kg)	2,712

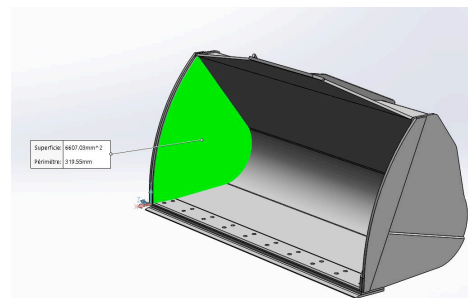
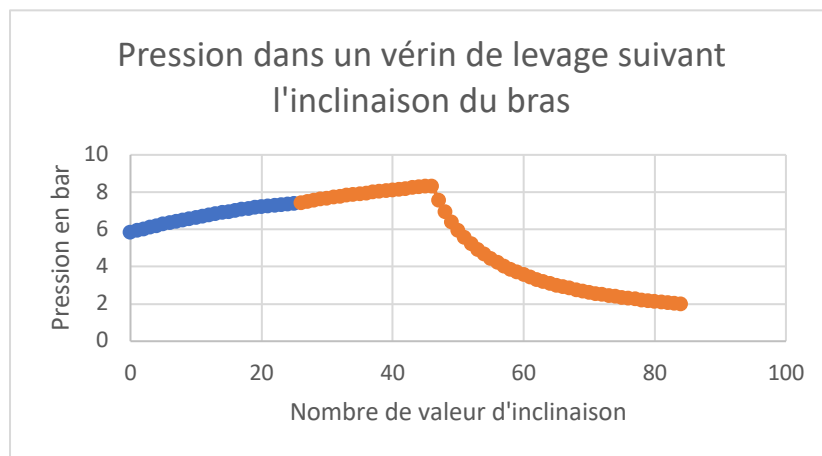


Figure 3 : Calcul de la masse à soulever

Sur base de ce résultat et en ajoutant la masse du godet à vide, chaque point de pression peut être calculé tout au long de la trajectoire de levage du bras (un point = 1° d'inclinaison).

La pression est déterminée sur base de la force exercée sur le vérin et de la surface du piston. Suivant l'inclinaison du bras, la force résultante sur le vérin diffère en fonction de la géométrie des appuis ce qui donne le profil de pression suivant :



Pour les autres mouvements, la même philosophie est appliquée. La pression nécessaire pour atteindre les performances après le calcul des pertes de charges est de 12 bars. Ceci est une valeur caractéristique de la pompe à utiliser.

En ce qui concerne les débits, ceux-ci sont calculés sur base des volumes de chaque vérin et d'un temps de sortie fixé sur base de la machine réelle.

L'ensemble de ces caractéristiques permettra de déterminer la pompe à utiliser ; celle-ci proviendra d'un fabricant de pompe hydraulique pour modèles RC.

2.4 Réalisations de la radiocommande et du système électronique

La radiocommande est un système essentiel permettant le contrôle de l'engin à distance. Des radiocommandes, il en existe plusieurs sur le marché, il est donc possible de choisir l'une d'entre elles pour piloter notre modèle ; cependant, les connaissances techniques acquises n'auraient pas été les mêmes.

Tout le système électronique est conçu intégralement permettant la communication entre les deux parties.

La radio est réalisée en aluminium pour avoir une pièce résistante, légère et facile à mettre en forme sur base d'une simple tôle pliée.

Celle-ci doit être ergonomique et agréable à l'utilisation. Pour y arriver, des joysticks multifonctions seront utilisés et les boutons seront rassemblés sur une surface facilement accessible pour l'utilisateur. Pour un confort plus important, un harnais permettra le maintien de la radio à une distance facilitant son utilisation.

La coque de la radio étant réalisée, la carte électronique est dessinée de façon à s'intégrer parfaitement dans son emplacement. Voici une visualisation de la radio.



Figure 4 : Radio commande

Un schéma en version papier permettra d'arriver à la solution finale, celle-ci étant une solution simple pour associer et vérifier la compatibilité des composants en fonction de l'application. Un point important à vérifier sont les puissances des dispositifs utilisés afin de dimensionner les connecteurs, sections, etc.

La solution finale est établie sur un logiciel de conception et de routage de PCB.

La réalisation de la carte est alors possible sur base de fichier de fabrication dit « Gerbers ».

Voici le résultat :

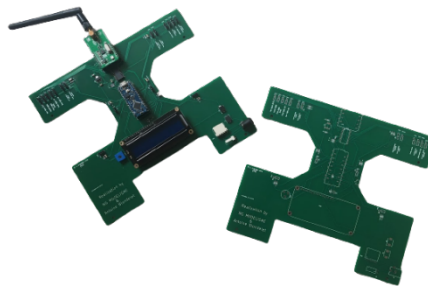


Figure 5 : PCB

Ce principe est appliqué pour chaque carte réalisée. Pour fonctionner, la machine à besoin de la radio (émetteur) et d'une carte qui reçoit les informations (récepteur), plusieurs PCB sont fabriqués permettant le bon fonctionnement de l'ensemble.

Pour faciliter la conception, il est plus simple de travailler avec des fabricants industriels professionnels. Ceux-ci ont la possibilité de fournir des fichiers STEP, de symboles ou d'empreintes de composants qui seront fiables par rapport à ces derniers.

3 Résultats et conclusions

Le modèle est toujours en phase de test et de modification, il n'est donc pas encore terminé. Cependant, c'est en bonne voie.

Les premières pièces réalisées n'ont pas toutes été un succès ; cependant, celles-ci ont permis d'améliorer les suivantes en analysant les différents problèmes rencontrés. En effet, les différentes parties présentées évoquent la réalisation des pièces finales et non des pièces qui ont permis d'y arriver. Il est à noter également que certaines parties n'ont pas été présentées dans cet article, seulement les étapes les plus importantes ont été évoquées.

Les méthodes de fabrication des différentes parties présentées ont parfois été complètement modifiées après avoir établi des tests de fonctionnement. Cependant, la machine est fonctionnelle malgré les améliorations à apporter.

Un modèle réduit de ce type nécessite l'application de plusieurs disciplines techniques tel que la mécanique, l'électronique et bien d'autres. Ce projet est un sujet parfait pour apprendre le métier d'ingénieur industriel via les technologies qu'il renferme.



Figure 6 : Modèle en phase terminale