2021

EXPO-CONFÉRENCE 2021

Ensemble,
même à distance !

Du 26 au 28 janvier 2021
Zoom

Mardi 26 janvier

13 h 00	**Annie Gosselin** La Politique d'intégration du bois dans la construction
13h30	**Luc LeBel** FORAC 4.0 : Faire mieux, tous ensemble !
14 h 00	**Minh Le** La mobilisation de bois des forêts privées : une approche logistique à un enjeu régionalisé
14h30	**Simon Schmiedel** Identification des meilleures méthodes de travail des conducteurs d'abatteuses-façonneuses par la simulation à événements discrets

Mercredi 27 janvier

13 h 00	**Pierre Blanchet** Défis d'intégration des fournisseurs de bois d'œuvre en construction
14 h 00	**Vincent Grondin** Détection automatique du point de coupe d'arbres
14 h 30	**Philippe Marier** Optimisation de l'approvisionnement de fibre pour Groupe Lebel
15 h 00	**Michael Morin** Anticiper la production associée au débitage d'un lot de billots

Jeudi 28 janvier

13 h 00	**Vanessa Simard** Prendre de meilleures décisions en tenant compte de la qualité des données
13 h 30	**Edith Brotherton et Pierre Cantegril** Impacts des modifications à un réseau régional (cas de l'Outaouais-Laurentides)
14 h 00	**Thomas Hernández** Gestion de l'énergie dans les systèmes de production: évaluation des pratiques énergétiques dans l'industrie forestière
14 h 30	**Mounia Ferguene** Analyse du marché des produits forestiers
15 h 00	**Mon projet en 180 secondes** Dévoilement des finalistes et du gagnant

MOT DU DIRECTEUR

Le nouveau normal

Ces derniers mois, cette expression (sur)utilisée implique que notre monde a changé de manière permanente. Si nos travaux des dernières années avec l'industrie des produits forestiers nous ont appris une chose, c'est bien que rien sauf le changement n'est permanent. L'industrie est connue pour ses cycles de demandes fortes suivies de creux passagers. Les secteurs du papier et du bois d'œuvre évoluaient généralement de manière inverse : les succès de l'un compensaient les difficultés de l'autre. Les années d'élections signifiaient un marché en hausse pour le papier. Des indicateurs éprouvés permettaient d'anticiper les mises en chantiers. L'industrie avait ses repères. Même les guerres commerciales étaient anticipées ! Puis arriva la crise de confiance, les campagnes de boycott, des litiges commerciaux défiant la logique, la montée et la baisse du marché chinois, le dendroctone, la tordeuse, et… un virus (ça y est, je l'ai dit !)

Les crises se succèdent, mais cette fois, toute la société est bousculée. L'industrie forestière, classée comme service essentiel jusqu'à présent, fait preuve d'une certaine robustesse. Caractérisée par ses flux divergents, la bonne performance de certains produits (bois d'œuvre, emballage, papier tissu), est cependant ralentie par d'autres marchés en déclin (papier). La recherche d'agilité, qui était au cœur des travaux de FORAC, n'est plus suffisante. La prévisibilité tant recherchée paraît une utopie. La robustesse ? Peut-être trop coûteuse. Mais alors, comment faire mieux ?

Les changements, les perturbations profondes pourraient être notre nouveau « normal ». Si c'est le cas, notre sensibilité, notre capacité de détection et notre adaptabilité seront les aptitudes à développer. L'équipe FORAC, comme ses partenaires, a su faire preuve d'adaptabilité. La « chaîne d'approvisionnement » en étudiants, notre raison d'être, a été grandement perturbée, mais nous sommes là, en santé, remplis d'idées et conscients de notre rôle.

Une chose ne change pas au consortium : notre volonté de développer de nouvelles connaissances qui viennent en appui à une industrie forestière compétitive et durable. Nous continuons de former de jeunes talents. Des talents qui aideront à traverser cette crise… et la prochaine. Vous trouverez dans cet info-FORAC la preuve de notre dynamisme et la volonté d'appuyer nos partenaires beau temps, mauvais temps.

WORD FROM THE DIRECTOR

The new normal

In the last few months, this (over)used expression has implied that our world has changed permanently. Yet, if our work with the forest product industry over the past few years has taught us anything, it is that nothing but change is permanent. The industry is known for its cycles marked by peaks in demand followed by momentary troughs. The paper and lumber industries tended to move in opposite directions: the success of one sector balanced the difficulties of the other. Election years meant a rising market for paper. Well-known indicators allowed us to anticipate upcoming construction projects. The industry had its benchmarks. Even trade wars were anticipated! Then came the confidence crisis, boycott campaigns, trade disputes that did not all stand to reason, the rise and fall of the Chinese market, pine beetles, budworms, and… a virus (there, I said it!).

Crises follow one another, but this time the whole society is shaken up. The forest industry, as an essential service up to now, has shown some strength. Characterized by its divergent flows, the good performance of certain products (lumber, packaging, tissue paper) was, however, slowed down by other declining markets (paper). The search for agility, which was at the heart of FORAC's work, is no longer sufficient. The predictability so sought after now seems utopic. Robustness? Maybe too expensive. Then how can we do better?

Changes and disturbances could be our new "normal". In this context, our sensitivity, sensing ability, and adaptability should be developed. The FORAC team, as its partners, has shown adaptability. The student "supply chain", our main mission, has been greatly disrupted, but here we are, healthy, full of ideas and mindful of our role.

One thing does not change at the consortium: our desire to develop new knowledge that supports a competitive and sustainable forest industry. We will continue to train young talent. Talent that will help get through this crisis—and the next. In this info-FORAC, you will find proof of our dynamism, and our desire to support our partners, rain or shine.

Luc LeBel

Professeur, directeur de FORAC

Professor, Director FORAC

JOUER POUR MIEUX GÉRER LES DÉFIS LOGISTIQUES DE L'INDUSTRIE

Avec l'avancement des technologies numériques, l'apprentissage en ligne prend beaucoup d'ampleur ces dernières années. Les jeux sérieux utilisés dans le cadre de formations professionnelles et pédagogiques n'échappent pas non plus à cette évolution vers le monde virtuel. Le consortium FORAC, ayant autant une vocation de centre de recherche que de formation de personnel hautement qualifié, contribue lui aussi à faire évoluer les outils d'apprentissage en ligne pour la formation de gestionnaire dans les universités et les grandes entreprises.

Ainsi, depuis 2004, FORAC propose une version électronique du **Jeu du bois.** Ce jeu permet de faire vivre aux participants les défis logistiques d'une entreprise à travers un réseau d'approvisionnement et de distribution divergent de bois et de papier, de la forêt au client. Avec des serveurs en Suède, à Hong Kong et au Canada, le jeu du bois de FORAC a été joué plus de 17 000 fois à travers le monde.

Deux autres jeux virtuels ont été développés par la suite : le premier issu d'une recherche sur la collaboration dans le transport du bois rond (**Jeu de la collaboration**) et le second montrant le potentiel de la planification hiérarchique incluant les retours en charges pour minimiser les coûts d'approvisionnement du bois (**Jeu du transport**).

Fort de l'expertise acquise dans le développement de jeux axés sur l'industrie des produits forestiers, FORAC a été approché au début de 2020 par la *Swedish University of Agricultural Sciences* pour collaborer au développement d'un nouveau jeu sérieux : le ***Virtual Wood Supply Arena***. Ce projet est financé par la *Ljungberg Foundation*, l'un des plus grands fonds privés de Suède pour des projets éducatifs en technologie, science et entrepreneuriat. Ce jeu est une première étape de transition vers des environnements de formation virtuels portant sur la coordination des achats, de la récolte et du transport du bois rond. Lors d'exercices, les étudiants travailleront en équipe pour gérer et coordonner toute la chaîne du bois sur une base hebdomadaire avec des conditions météorologiques saisonnières incertaines.

Les jeux FORAC sont disponibles à tous les partenaires pour des activités de formation et de « *team building* ».

PLAYING TO BETTER MANAGE THE INDUSTRY LOGISTICAL CHALLENGES

With the advancement of web technologies, e-learning has grown in popularity in recent years. Serious games have entered professional and educational environments, where the evolution towards the virtual world also found purpose. The FORAC consortium, being a research centre where highly qualified professionals are trained, also contributes to developing online learning tools to train managers in universities and large companies.

Since 2004, FORAC offers an electronic version of the **Wood Supply Game**. This game allows participants to experience the logistics challenges of a company through a divergent supply and distribution network for both paper and lumber, from the forest to the customer. With servers in Sweden, Hong Kong, and Canada, the FORAC Wood Supply Game has been played over 17,000 times worldwide.

Two other virtual games have been launched since: the first resulting from a study on collaboration in roundwood transportation (**Collaboration Game**) and the second featuring the potential of hierarchical planning including backhauling to minimize wood supply costs (**Transportation Game**).

Building on the expertise gained through developing games with the forest product industry in mind, FORAC was approached in early 2020 by the Swedish University of Agricultural Sciences to collaborate on the development of a new serious game: the **Virtual Wood Supply Arena**. This project is funded by the Ljungberg Foundation, one of Sweden's largest private funds for educational projects in technology, science, and entrepreneurship. This game is a stepping stone to virtual training environments to learn how to coordinate purchasing, felling, and transportation of roundwood. In the exercises, students will work in teams to manage and coordinate the entire wood supply chain on a weekly basis through uncertain seasonal weather conditions.

FORAC games are available to all partners for training and team-building activities.

Philippe Marier
Professionnel de recherche
Research professional
philippe.marier@forac.ulaval.ca

JUMEAU NUMÉRIQUE POUR LA FORMATION ET LE SUIVI DE PERFORMANCE D'OPÉRATEURS

Dans les opérations forestières, les compétences des opérateurs de machinerie ont un impact majeur sur la productivité, l'environnement ainsi que sur leur propre sécurité. Afin d'augmenter la performance de la production forestière, nous pourrions envisager de remplacer l'humain par une automatisation, toutefois la technologie n'est actuellement pas encore disponible. Cependant, il est possible dès aujourd'hui de guider un opérateur moins expérimenté à l'aide d'un modèle numérique reproduisant les comportements d'un opérateur expérimenté. Ce modèle utilisé en temps réel permet de s'adapter au comportement de l'opérateur durant son travail pour lui signifier ses éventuelles erreurs et lui donner des conseils appropriés. Il peut aussi permettre d'expérimenter de nouvelles stratégies d'opérations forestières soit en simulant celles-ci et en se servant de son interface pour en voir l'efficacité sur le terrain. À plus long terme, ce modèle pourrait être utile dans la création d'une machine forestière automatisée.

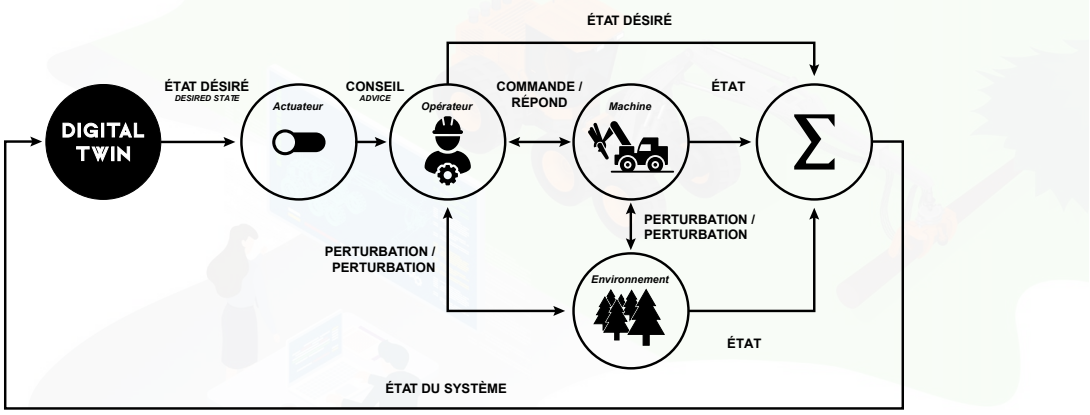
La technologie retenue est le jumeau numérique ou *Digital Twin* (DT). Cette technologie consiste à créer un modèle numérique représentant un objet, un sujet ou un processus qui est à l'image de sa contrepartie physique. Cela signifie, qu'en tout temps, ce modèle possède les mêmes états, faisant en sorte que l'analyse du modèle physique ou du modèle digital donnent les mêmes informations. Le DT a aussi la caractéristique de pouvoir agir sur le système physique en modifiant son état à l'aide des actuateurs. Pour atteindre un état désiré, il faut déterminer une séquence d'actions à l'aide de simulations qui s'ajustent à partir des données du système reçues en temps réel. Dans ce concept, les actuateurs agissent sur l'opérateur afin qu'il modifie l'état de la machine et de l'environnement.

TRAINING AND SKILL MONITORING HEAVY MACHINERY OPERATORS WITH A DIGITAL TWIN

In forest operations, the skillset of machinery operators has a major impact on productivity, the environment, and their own security. To increase the production performance, we could consider replacing the operator with a machine, but the technology is not available yet. We can, however, guide inexperienced operators with a digital model mimicking the behaviour of experienced operators. This model, operating in real time, can adapt to the working workers as to point out potential mistakes and give appropriate advice. It can also be used to experiment with new operational strategies through simulations or by using the model interface to test the efficiency of the strategy in the field. In the long term, this model could be used to create an automated forest operation machine.

The chosen technology is Digital Twin (DT). This technology helps to create a digital model that represents a subject, an object, or a process using the image of its physical counterpart. This way, the analysis of both the digital model and the physical part will give the same information. The DT also has the capacity to modify the state of its physical twin by using actuators. To obtain a desired state, the DT makes multiple simulations of sequenced actions to choose the ones that would lead to an improved state. The simulation is adjusted by using live data from the physical twin. In this concept, the actuator guides the operator who modifies the state of the operating machine and the environment.

Bryan-Elliott Tam
Étudiant à la maîtrise
Master's student
bryan-elliott.tam.1@ulaval.ca



CARACTÉRISATION DES EMPILEMENTS DE BOIS EN BORDURE DE ROUTE

Peu d'entreprises ont recours à des mesureurs pour obtenir des informations fiables sur les inventaires en bordure de route. Bien qu'anciennement les scieries pouvaient compter sur un vaste inventaire dans leur cour à bois afin de gérer l'alimentation des lignes de production et satisfaire leur plan de production, aujourd'hui, la majorité des usines ont peu d'inventaire et doivent coordonner les activités de transport à celles de l'usine. Cette coordination requière des informations fiables sur la disponibilité des stocks. Ce projet vise le développement d'une procédure automatisée de caractérisation des empilements de bois en bordure de route en exploitant les données des engins forestiers.

La procédure repose sur le traitement des données de production des abatteuses-façonneuses (.pri/.hpr) et des fichiers de forme (.shp) contenant les tracés GPS des porteurs forestiers. La procédure a été automatisée dans *ArcMap* à l'aide de l'outil *ModelBuilder*. Le modèle permet de recréer chaque parcours du porteur forestier, et d'identifier les billots transportés dans chaque cycle et leur point de déchargement. La figure ci-dessous illustre les données requises (gauche), le modèle de traitement des données (centre) et un exemple de résultats de la procédure (droite). Les résultats peuvent être visualisés directement dans *ArcMap* où les empilements sont localisés sur le réseau routier et une table d'attributs décrit les caractéristiques du bois (p. ex. essence, classe de longueur, classes de diamètre, volume, dénombrement des billots) qui s'y trouvent.

La prochaine étape, qui sera réalisée lors de la maîtrise débutant en mai 2021, consistera à évaluer la précision des informations générées par notre méthode sur certains critères dont le dénombrement de tiges, le diamètre moyen et la distribution diamétrale pour chacun des empilements.

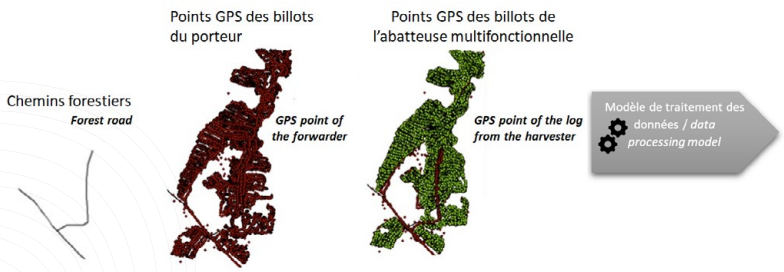
CHARACTERIZATION OF WOOD PILES AT ROADSIDE

Few companies work with scalers to obtain reliable information on roadside inventories. While in the past sawmills could count on a large inventory in their lumber yard in order to manage the supply of production lines and meet their production plan, today the majority of mills have smaller inventories and must closely coordinate transport activities with sawmills. This coordination requires reliable information on the stock availability. This project aims to develop an automated procedure for characterizing wood piles along roadsides using data from forestry machinery.

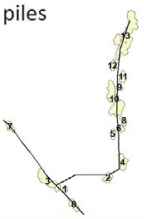
The procedure is based on the processing of harvester production data (.pri/.hpr) and shapefiles (.shp) containing forwarder GPS tracks. The procedure was automated in ArcMap using the ModelBuilder tool. The model makes it possible to recreate each movement of a forestry forwarder, to identify the logs transported in each course and their unloading point. The figure below illustrates the required data (left), the data processing model (center), and an example of procedure results (right). The results can be viewed directly in ArcMap where the piles are located on the road network and an attribute table describing the wood characteristics (e.g. species, length class, diameter class, volume, log count) in the piles.

The next step, addressed in the master's degree starting in May 2021, will consist of evaluating the precision of the information generated by our method on criteria such as the count of stems, the mean diameter, and the diametral distribution for each of the stacks.

Samuel Pilote
Stagiaire au baccalauréat
Undergraduate intern
samuel.pilote.1@ulaval.ca



Emplacements des piles
Pile location



Numéro d'emplacement des piles / *Wood pile number*	Essence / *Species*	Classe de Longueur / *Lenght class*	Classe de diamètre / *Diameter class*	Nombre de billots / *Log count*	Volumes (m^3) / *Volume*
0	Épinette	16	[10-12[	45	1,676
4	Épinette	8	[10-12[	96	0,934
4	Pin gris	8	[14-16[	5	0,185

IDENTIFICATION DE SYSTÈMES ADAPTÉS À LA RÉCOLTE DE FORÊTS MORCELÉES

Le phénomène grandissant de morcèlement des forêts boréales matures est une source de préoccupation importante pour l'industrie forestière du Québec en raison de l'augmentation des coûts d'approvisionnement qu'il induit. Effectivement, les déplacements de machinerie plus fréquents ainsi que l'augmentation du nombre de chemins à aménager mettent en jeu la rentabilité des opérations forestières en forêt morcelée. L'évolution de ce contexte impose la recherche de solutions, incluant l'adaptation des systèmes de récolte utilisés, qui n'ont que très peu été étudiés à ce jour.

Le principal objectif de cette maîtrise est d'identifier des systèmes adaptés à la récolte de forêts morcelées, permettant d'amoindrir l'impact financier du morcellement sur l'approvisionnement. Une grande variété d'alternatives possibles se doivent d'être considérées dans la réflexion menant à l'implantation de solutions en forêt. Une approche de sélection employant des analyses successives fut préconisée de manière à sélectionner itérativement un sous-ensemble de solutions potentielles.

Dans un premier temps, une revue exhaustive des systèmes de récolte permit d'en décrire plus de 1 000 différents. De ce nombre, vingt-huit furent retenus pour leur potentiel d'application en forêt morcelée. Ceux-ci furent comparés à l'aide d'un modèle d'évaluation multicritère impliquant des experts. Sept systèmes se démarquèrent des autres, mettant en évidence l'intérêt de considérer l'implantation de systèmes actuellement inexistants au Québec. Une simulation déterministe fut réalisée afin d'estimer les coûts des solutions potentielles et ainsi affiner l'identification de la meilleure alternative.

Les résultats démontrent le potentiel du système de bois tronçonnés utilisant des camions auto-chargeurs à grue détachable en contexte de forêt morcelée. Parmi les sept systèmes évalués, ceux de bois tronçonnés incluant l'utilisation d'un camion auto-chargeur ou du porteur pour charger les camions sont les approches les moins coûteuses. Cependant, les incertitudes liées à l'approche déterministe imposent la poursuite des analyses à l'aide d'approches de simulations plus poussées avant d'envisager l'implantation de solutions en forêt.

IDENTIFYING COST-EFFECTIVE HARVEST SYSTEMS FOR FRAGMENTED FORESTS

Fragmentation in mature boreal forests is a growing concern for the forest industry of Quebec, due to the increase of wood procurement costs. Machine relocation is more frequent and the increased number of roads to build and maintain compromise the profitability of fragmented forest operations. This changing reality needs to be addressed, starting with adapting the current operational systems used in fragmented forests, which have received little attention so far.

The objective of this master's degree is to identify the most cost-effective harvest systems in fragmented forests. Doing so requires a methodology to assess a very wide range of potential solutions that can be implemented in this type of forest. The elaborated approach is based on subsequent analysis gradually reducing the number of alternatives and identifying a more precise subset of solutions.

First, an in-depth review of harvest systems resulted in the description of over 1,000 distinct alternatives. Only twenty-eight were considered as conceivable alternatives in the studied context. A multi-criterion evaluation approach involving experts from the forest industry revealed the seven solutions with the most potential. Lastly, a deterministic simulation model was developed to estimate the harvest costs associated with each system in case studies and to narrow down the selection of the best alternative.

The results demonstrate the potential of the cross-cut timber system using self-loading trucks with detachable cranes in a fragmented forest context. Of the seven systems, the cut-to-length systems using either removable crane self-loader trucks or forwarders to load trucks presented lower costs in fragmented forest stands. However, the uncertainties associated with the chosen simulation approach require further analysis in order to determine the potential of identified solutions before testing in the field.

Léo Painchaud
Étudiant à la maîtrise
Master's student
leo.painchaud.1@ulaval.ca

DÉTECTION AUTOMATIQUE DU POINT DE COUPE SUR LES ARBRES

La perception de l'environnement, en particulier des arbres en forêt, est primordiale lors d'opérations forestières. Pour cheminer vers l'automatisation des opérations forestières, un système autonome doit être capable de percevoir la position spatiale des arbres avec une précision équivalente (ou supérieure) à celle de l'humain. En adaptant des techniques d'apprentissage profond à l'environnement forestier, nous avons implémenté un système de vision artificielle qui détecte le point de coupe des arbres à partir des images captées par une caméra stéréoscopique en forêt.

Ce projet contribue à : (i) créer un jeu de données d'images d'arbres virtuels et réels; (ii) démontrer que les techniques d'apprentissage profond peuvent être utilisées pour détecter les points de coupe sur les arbres en temps réel; et (iii) tester différentes architectures de réseau de neurones pour avoir la meilleure performance de détection.

La méthode de détection des arbres et de leur point de coupe est basée sur *Faster R-CNN* et *Mask R-CNN*, deux modèles faisant partie de l'état de l'art des réseaux de neurones en vision. À partir d'images d'arbres, ces modèles apprennent ce qui caractérise la base d'un arbre. Suite à l'apprentissage, les modèles prédisent la position de coupe à la base de chaque base d'arbre grâce à une image. La précision des prédictions varie en fonction des conditions d'opération dans lesquelles l'image a été prise (p. ex. luminosité, intempéries, occlusion). La position dans les images peut ensuite servir à estimer leur position spatiale dans le monde réel.

Dans le contexte des opérations forestières, les modèles d'apprentissage profond proposés sont prometteurs pour la détection automatique de la base des arbres et de leur point de coupe. Les opérations d'inventaire après coupe, d'abattage et de débardage d'arbres pourraient elles aussi tirer avantage de cette technologie.

AUTOMATIC FELLING CUT DETECTION ON TREES

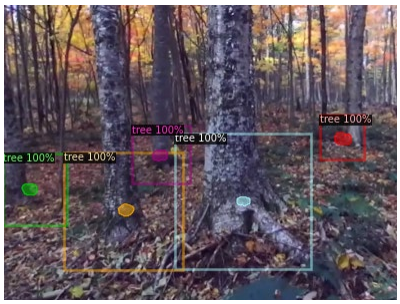
The ability to perceive the environment and more specifically surrounding trees is a key component during forest operations. To improve this ability, an autonomous system must be capable of perceiving the spatial position of trees with a level of precision that is equivalent (or superior) to the human ability. By adapting deep learning techniques to forest environments, we implemented an artificial vision system to detect tree felling cuts from images captured with a stereoscopic camera in the forest.

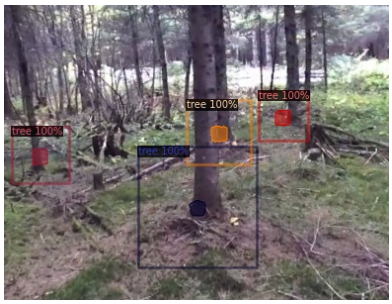
This project contributes to: (i) creating real and virtual datasets of tree images in forests; (ii) demonstrating that it is possible to use deep learning techniques to detect felling cut on trees in real time; and (iii) testing different neural network architectures to obtain the best detection performances.

The tree and felling cut detection method is based on two state-of-the-art computer vision models: Faster R-CNN and Mask R-CNN. Using tree images, neural network models learn how to characterize the base of a tree. Then, the models predict the felling cut position on each tree base in an image. The precision of each felling cut prediction varies according to the environmental or operational conditions (e.g. luminosity, weather, occlusion), in which the image was taken. The felling cut detected in images can then be used to estimate their real-world spatial position.

This autonomous system's performance is promising for the detection of tree bases and felling cuts. These new technology targets could benefit other operations in the industry: tree censusing, tree felling, and tree forwarding.

Vincent Grondin
Étudiant au doctorat
Doctoral student
vincent.grondin.2@ulaval.ca





FORAC ID : UNE PLATEFORME D'INTÉGRATION (ET D'EXPLOITATION) DE DONNÉES FORESTIÈRES

À chaque étape de la chaîne de création de valeur de l'industrie forestière, de grandes quantités de données sont générées. La réussite du virage numérique permettant d'élever cette industrie à l'ère du 4.0 passe par une collecte et une exploitation efficace des données disponibles. Ainsi, bien que la majorité des entreprises souhaitent valoriser leurs données, leur surabondance les rend rapidement difficiles à traiter et, la plupart du temps, elles se retrouvent sous-exploitées.

Pour répondre à ce besoin, le consortium FORAC développe une plateforme infonuagique sécurisée de collecte, d'intégration, de gestion et d'exploitation de données massives forestières de toutes sources et toutes origines nommée FORAC ID. Le projet a plusieurs objectifs.

Premièrement, nous voulons rendre disponible l'expertise de FORAC en traitement de données à tous nos partenaires en l'implémentant dans des services automatisés. Ainsi, toutes les données déposées dans la plateforme pourront être valorisées selon leur type. Par exemple, certaines données comme celles des abatteuses, pourront être intégrées et agrégées afin de pouvoir être exploitées sous forme de rapports ou de tableaux de bord. Les données géomatiques pourront être traitées afin d'en ressortir des rapports d'activité, autant pour la récolte que pour la sylviculture. La plateforme permettra aussi de développer et d'offrir des services basés sur l'intelligence artificielle.

Deuxièmement, les données déposées dans la plateforme pourront être utilisées pour alimenter la recherche et le développement de nouvelles heuristiques qui pourront, à leur tour, être offertes sous forme de services aux usagers. Nous souhaitons aussi que la plateforme se développe en collaboration avec nos partenaires, de manière à réduire le temps entre le moment où l'on a une nouvelle idée et le moment où les partenaires peuvent expérimenter avec un prototype.

En conclusion, la valorisation des données n'est pas quelque chose que nous accomplirons du jour au lendemain, mais c'est un parcours que notre équipe souhaite faire avec ses partenaires. FORAC ID est la plateforme qui va nous permettre un partage efficace des données pour la création de connaissance.

FORAC ID: A FORESTRY DATA INTEGRATION (AND EXPLOITATION) PLATFORM

Huge quantities of data are generated along the forestry industry value chain. Succeeding in the numeric revolution requires to bring the industry up to speed in the 4.0 era, which means data must be efficiently collected and exploited. However, even if most organizations want to add value to their data, processing data without being overwhelmed by its overabundance can be challenging and untapped information may remain in the collected data.

To address this issue, the FORAC consortium is developing a secure cloud platform to collect, integrate, manage, and exploit massive forestry data from all sources and formats called FORAC ID. This project has many objectives.

First, we want to make our data processing expertise easily available to all of our partners by implementing it in automated services. This way, depending on type, every piece of data put in the platform could be valorized. For instance, data coming from harvesters could be integrated and aggregated to be exploited as reports or dashboards. Geomatics data could be processed into activity reports to monitor harvesting and silvicultural operations. The platform will also be used to develop and offer artificial-intelligence-based services.

Also, the data accumulated in the platform will be used to fuel the research and development of new heuristics, which will then be integrated into the platform as new services to users. We wish to develop the platform in collaboration with our partners to help us reduce the time between the inception of an idea and the usable prototype.

Finally, the road to achieve data valorization might be long and winding, but we wish to help our partners on this journey. FORAC ID is the platform that will allow us all to effectively share data for creating knowledge.

Alexandre Morneau
Professionnel de recherche
Research professional
alexandre.morneau@forac.ulaval.ca

Pour voir la présentation :
To see the presentation:
https://www.youtube.com/watch?v=GfUCpvLSWR4

PLANIFICATION DE LA CHAÎNE DE VALEUR DU REBOISEMENT SOUS INCERTITUDE

Afin de répondre à la demande croissante de l'industrie du bois, il est important d'optimiser le processus de reboisement selon divers aspects (p. ex. environnementaux, économiques et sociaux). De plus, la prise de décisions de planification dans les chaînes de valeur des ressources naturelles est sujet à l'incertitude.

La production de plants est un processus critique du reboisement. Contrairement à d'autres produits, le délai de production des plants est considérable. Pendant cette période de trois ans de croissance, les plants font face à plusieurs facteurs de risque (p. ex. conditions météorologiques difficiles, insectes ravageurs, maladies) impactant ainsi la qualité et la quantité du produit à livrer. En outre, les fluctuations du marché du bois d'œuvre et les changements dans les calendriers de récolte peuvent entraîner une inadéquation entre l'offre et la demande.

L'objectif principal de ce doctorat est d'optimiser la chaîne de valeur du reboisement, de la production de plants à la livraison aux sites forestiers. Les trois objectifs spécifiques sont : (i) créer une classification des méthodes, techniques et mécanismes utilisés pour l'industrie forestière et des industries similaires (p. ex. agriculture) afin de mieux faire face aux risques et aux incertitudes; (ii) développer des outils d'aide à la décision visant à allouer et à distribuer les plants disponibles aux sites forestiers en tenant compte des conditions et des besoins des sites, des coûts de transport et des équipes de travail disponibles; et (iii) concevoir un outil d'aide à la décision pour la planification de la production d'un système de culture multi-produits, multi-sites sous incertitude.

Cette recherche tente ainsi de contribuer au secteur forestier en proposant des outils d'aide à la décision et des stratégies de gestion qui améliorent la prédictibilité de la ressource et permettent la prise en compte de l'incertitude.

MULTI-SITE REFORESTATION VALUE CHAIN PLANNING UNDER UNCERTAINTY

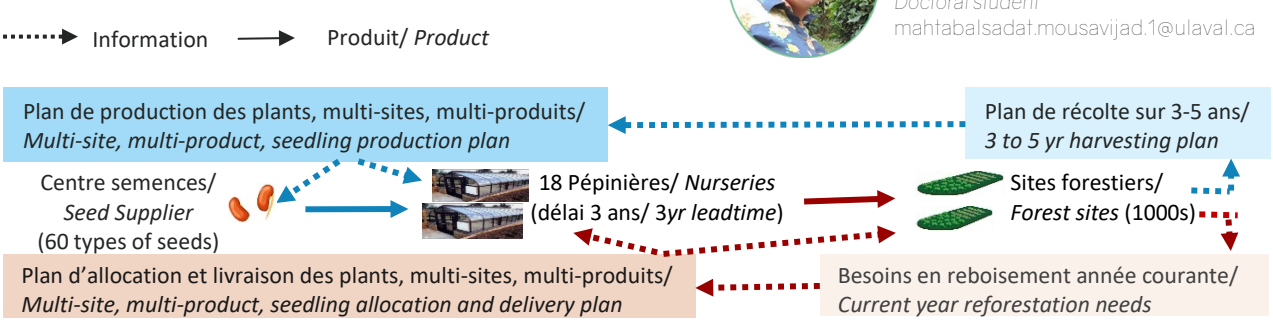
In order to meet the growing demand of the wood industry, optimizing the reforestation process is key to a number of aspects (e.g. environmental, economic, and social). Moreover, planning decisions in natural resource supply chains come with uncertainty.

Tree seedling production is a critical process in reforestation. Unlike other manufacturing products, trees take a long lead time from seed to value. During this three-year period, there are several inevitable and uncertain factors that may negatively impact the quality and quantity of tree seedlings to be distributed (e.g. weather, insect pests, diseases). Furthermore, fluctuations in the timber market and changes in harvest scheduling result in possible supply and demand mismatches.

The main objective of this doctorate is to optimize the reforestation value chain from seedling production to the delivery to forest sites. The three specific objectives are: (i) creating a classification of methods, techniques, and mechanisms that have been developed to optimize the forestry industry and similar industries (e.g. agricultural industry), as to better face risks and uncertainties; (ii) developing decision support tools that aim to allocate and distribute tree seedlings ready for delivery from nurseries to forest sites considering site demands, transportation costs, and worker availability; and (iii) designing a decision support tool for production planning based on a multi-product, multi-site cultivation system subject to demand uncertainty.

This research could therefore contribute to improving the resource predictability and overcome uncertainty by creating efficient decision-making tools and management strategies.

Mahtabalsadat Mousavijad
Étudiante au doctorat
Doctoral student
mahtabalsadat.mousavijad.1@ulaval.ca



PLANIFICATION INTÉGRÉE DE LA RÉCOLTE ET D'ARROSAGE DANS UN CONTEXTE D'ÉPIDÉMIE DE TBE

L'éclosion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) est une perturbation naturelle majeure bien connue dans l'Est du Canada. Cet insecte est le plus destructeur des peuplements de conifères en Amérique du Nord. La réduction de l'approvisionnement en bois est l'un des principaux effets directs des épidémies d'insectes.

Il existe différentes méthodes de contrôle pour protéger les forêts contre les insectes et les maladies. Des méthodes de contrôle sylvicole sont utilisées pour satisfaire la demande des entreprises forestières. Des méthodes chimiques telles que la pulvérisation d'insecticides biologiques sont utilisées pour maintenir les arbres en vie pendant l'infestation pour une récolte ultérieure.

L'estimation du volume de bois pour chaque peuplement est continuellement mise à jour en fonction de ses caractéristiques, de l'historique de la défoliation et du fait qu'il ait été pulvérisé (ou non). Cette étude propose un modèle d'optimisation déterministe pour déterminer de façon systématique où et quand les peuplements forestiers devraient être récoltés ou pulvérisés. L'objectif est de maximiser la valeur économique des bois tout en minimisant les coûts logistiques et les coûts de pulvérisation à la fin de l'horizon de planification.

Les résultats d'une étude de cas dans la région du Bas-Saint-Laurent montrent que la récolte est très bénéfique pour réduire les pertes en volume de bois et que des niveaux de récolte plus élevés entraînent un profit net plus élevé du bois récolté et une valeur plus élevée des arbres sur pied. De plus, la pulvérisation est un moyen efficace de contrôler la tordeuse des bourgeons de l'épinette et le coût de la pulvérisation par unité de volume économisé augmente de façon exponentielle. Les résultats montrent également qu'il est possible de caractériser les peuplements défoliés potentiels pour la récolte et la pulvérisation en fonction des caractéristiques et de l'historique de la défoliation. Par exemple, lorsque le sapin baumier et l'épinette blanche constituent plus de 70 % du volume du peuplement, ces peuplements ont la priorité absolue pour la récolte.

INTEGRATING SPRAYING AND HARVESTING PLANNING DURING AN OUTBREAK OF SPRUCE BUDWORM

Spruce budworm (SBW) outbreaks are a major natural disturbance common in Eastern Canada. SBW is the most destructive insect in North American conifer stands. The wood supply reduction is one of the major direct impacts of insect outbreaks.

Different control methods are available to protect forests from insects and diseases. Silvicultural control methods are used to meet the forestry companies' demand. Chemical methods like spraying biological insecticide are used to maintain trees alive during infestation for later harvest.

Estimating wood volume for each stand is continuously updated based on its characteristics, defoliation history, and whether it has been sprayed (or not). This study proposes a deterministic model to systematically find where and when forest stands should be harvested or sprayed. The objective is to maximize the economic value of timbers while minimizing the logistics and spraying costs at the end of the planning horizon.

The results from a case study in the Bas-Saint-Laurent region show that harvesting is highly beneficial to save lost wood volume and higher levels of harvesting lead to higher net profit from harvested wood and higher value from standing trees. Furthermore, spraying is an effective way to control spruce budworm outbreaks, the spraying cost per saved volume unit is increasing exponentially. The results also show that it is possible to characterize the potential defoliated stands for harvesting and spraying by featuring attributes and defoliation history. For example, when balsam fir and white spruce constitute more than 70% of the stand volume, these stands have top priority for harvesting.

Siamak Mushakhian
Étudiant au doctorat
Doctoral student
siamak.mushakhian.1@ens.etsmtl.ca

OPTIMISATION DE L'ALLOCATION DE LA PRODUCTION DANS UNE CHAÎNE DE VALEUR FORESTIÈRE

Dans l'industrie forestière, il y a une décentralisation de la prise de décision stratégique. Tous les départements gèrent leurs opérations afin d'améliorer leurs indicateurs de performance respectifs. La problématique se situe au niveau de la conciliation des objectifs, parfois en opposition, des différents départements. Cette maîtrise évalue les retombées de la coordination interdépartementale sur la performance globale de l'entreprise de façon à ce que la production, la logistique et les ventes soient impliquées dans le processus de livraisons des bons produits, au bon moment et à moindres coûts.

Dans ce contexte, un projet de recherche est effectué avec Produits forestiers Résolu afin d'optimiser le transport et l'allocation des commandes-clients aux centres de production et de distribution. Les objectifs sont de : (i) produire un outil de coordination production-ventes pour aider l'entreprise à réduire les coûts logistiques de transport et de gestion des inventaires; et (ii) quantifier les gains potentiels d'une coordination accrue des activités de production, de transport, d'entreposage et de ventes.

Afin d'optimiser l'allocation de la production, un outil d'aide à la décision permettant de déterminer l'allocation optimale des commandes aux centres de production et de distribution a été développé. L'outil considère les données de commandes-clients, les inventaires et la planification de la production mensuelle. Ces données sont traitées par un modèle qui alloue chaque commande à un centre de production (ou d'entreposage) et à un transporteur sur une base hebdomadaire. L'objectif de ce modèle est de minimiser les coûts de transport et d'entreposage tout en respectant les capacités et les caractéristiques des transporteurs ainsi que les dates de livraison promises.

L'utilisation de l'outil d'optimisation pour supporter les vendeurs et les coordonnateurs logistiques dans l'allocation de la production aux clients vise à permettre une réduction des coûts de transport par rapport à la situation actuelle. L'outil a aussi été utilisé pour démontrer que la prise en compte de la demande réelle des clients pendant la planification du rabotage réduit de 7 % à 11 % les coûts logistiques. En ce sens, nous démontrons la pertinence d'une étude approfondie sur l'impact d'une coordination accrue des activités de production et de distribution.

OPTIMIZING PRODUCTION ALLOCATION FOR A FOREST PRODUCT VALUE CHAIN

In the forest industry, strategic decision-making is decentralized. All departments manage their operations in order to improve their respective performance indicators. The problem is then to reconcile the objectives, sometimes in opposition, of the different departments. This master's degree evaluates the impact of interdepartmental coordination on the company's overall performance so that production, logistics, and sales are involved in the process of delivering the right products, at the right time and at lower costs.

In this context, a research project is being carried out with Resolute Forest Products to optimize transportation and allocation of customer orders to production and distribution centres. The objectives are to: (i) produce a production-sales coordination tool to help the company reduce logistics costs for transportation and inventory management; and (ii) quantify the potential gains from increased coordination of production, transportation, warehousing, and sales activities.

In order to optimize production allocation, a decision-support tool was developed to determine the optimal allocation of orders to production and distribution centres. The tool considers customer order data, inventories, and monthly production planning. Data is processed by a model that allocates each order to a production (or warehousing) centre and to a carrier on a weekly basis. The objective of this model is to minimize transportation and warehousing costs while taking into account the carriers' capacity, characteristics and the delivery deadlines.

Using the optimization tool to support salespeople and logistics coordinators in allocating production to customers aims to reduce transportation costs compared to the current situation. The tool was used to demonstrate that considering actual customer demand during planing could reduce logistics costs by 7% to 11%. In this sense, we demonstrate the relevance of an in-depth study on the impact of increased coordination of production and distribution activities.

Simon Delisle
Étudiant à la maîtrise
Master's student
simon.delisle.4@ulaval.ca

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL POUR FACILITER LA COORDINATION DE LA PRODUCTION ET DES STOCKS

De nos jours, l'environnement de travail dynamique et compétitif ainsi que les technologies en évolution rapide rendent les chaînes de valeur beaucoup plus sophistiquées. Par conséquent, la collaboration efficace des partenaires et la coordination des décisions au sein de la chaîne de valeur sont nécessaires au succès de celle-ci. La production et le contrôle des stocks ont un impact fondamental et crucial sur les performances de l'ensemble de la chaîne de valeur, alors que l'utilisation des mécanismes de collaboration et de coordination pour intégrer les décisions de production et d'inventaire peuvent avoir un impact important sur la réduction des coûts logistiques et la création de valeur pour les bénéficiaires.

Ce projet vise à : (i) développer un cadre pour classer les clients en matière de stratégies logistiques à déployer; (ii) prévoir les futures demandes des clients classifiés; et (iii) concevoir un outil d'aide à la coordination des stocks et de la production suivant les stratégies logistiques considérées et les demandes prévisionnelles des clients.

Il existe différentes manières de gérer les commandes clients qui auront un effet direct sur le niveau de service offert et la capacité à gérer un système de production. Les profils des clients sont utilisés pour comprendre quels produits sont achetés selon quelle stratégie et par quels clients. En explorant les mécanismes de coordination, ce doctorat propose un outil pour une meilleure synchronisation de la production et de la gestion des stocks. Différents scénarios seront testés pour valider le cadre et les outils proposés, puis les résultats seront comparés en fonction des coûts totaux, des niveaux d'inventaire et des niveaux de service client.

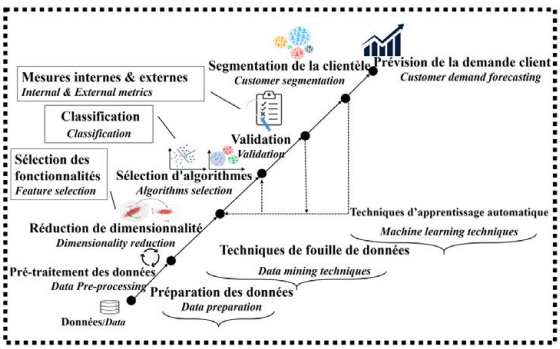
DEVELOPING A DECISION-MAKING TOOL FOR COORDINATED PRODUCTION AND INVENTORY MANAGEMENT

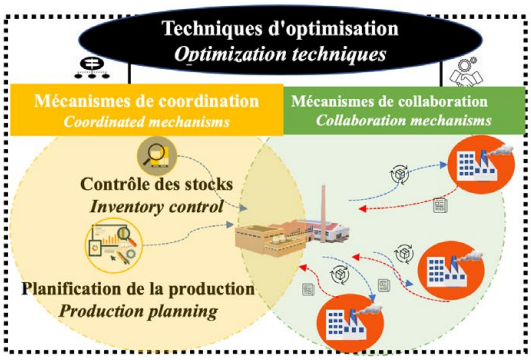
Nowadays, dynamic and competitive working environments as well as rapidly evolving technologies make value chains significantly more sophisticated and complex. Consequently, effective collaboration between partners and decision coordination within the value chain are required for its success. The production and inventory control have a fundamental and crucial impact on the performance of the whole value chain, then using the collaboration and coordination mechanisms in integrating production and inventory decisions can have a great impact on reducing logistics costs and creating value for stakeholders.

This project aims to: (i) develop a framework to classify customers regarding logistics strategies; (ii) forecast the future demand of identified customer segments; and (iii) design a tool for coordinating inventory and production management regarding the adopted logistics strategies and the forecasted customers' demands.

There are different ways of managing customer orders that have a direct effect on the level of service offered and the ability to manage a production system. The customer profiles or segments are used to understand what products are purchased according to which strategy and by which segment. By investigating coordination mechanisms, this doctorate proposes a tool for better synchronization of production and inventory management. We will test different scenarios, validate the suggested tools and framework, then compare the results according to total costs, levels of inventories, and customer service levels.

Elaheh Ghasemi
Étudiante au doctorat
Doctoral student
elaheh.ghasemi.1@ulaval.ca





ANTICIPER LA PRODUCTION ASSOCIÉE AU DÉBITAGE D'UN LOT DE BILLOTS

Les simulateurs de débitage permettent d'anticiper quels produits seront générés par un billot si celui-ci est débité par une scierie donnée. Cependant, les calculs nécessaires à cette simulation rendent le processus trop lent pour certains types de décisions (p. ex. l'allocation des bois aux usines dans un contexte où l'on disposerait de milliers de billots et de dizaines d'usines).

Précédemment, notre équipe a démontré que des modèles à base d'apprentissage automatique (*machine learning*) permettent de prédire le résultat du débitage avec un certain niveau de précision. Qui plus est, en situation réelle de prise de décision, l'erreur sur un billot peut être compensée par une erreur sur d'autres billots.

Si nous tentons de prédire la production qui sera obtenue d'un seul billot (lot de taille 1), environ 50 % des pièces seront correctement prédites. À l'opposé, pour des lots de 300 billots, nous aurons une bonne prédiction pour environ 90 % des pièces (voir graphique). Notre hypothèse est donc confirmée : faire une prédiction pour plusieurs billots à la fois est plus facile que prédire pour un seul billot, parce que certaines erreurs s'annulent.

Ces résultats ont été obtenus en utilisant une technique d'apprentissage automatique appelée forêt aléatoire (*random forest*) qui combine plusieurs arbres de décision. Les prochaines étapes sont d'explorer de nouvelles approches telles que les réseaux de neurones et de travailler sur de nouvelles représentations des billots pour les modèles d'apprentissage automatique.

ANTICIPATING THE PRODUCTION ASSOCIATED WITH DEBITTING OF A BATCH OF LOGS

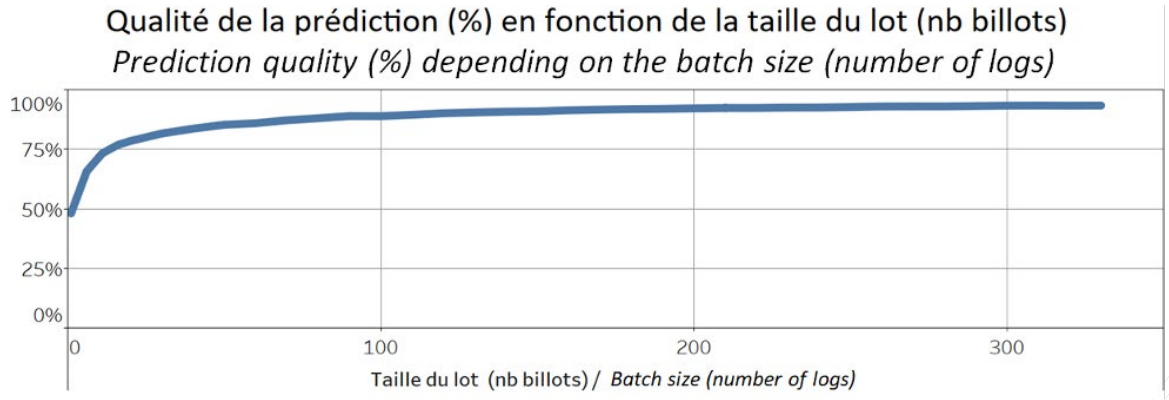
Sawing simulators make it possible to anticipate which products a log generates when transformed by a given sawmill. However, the computations required for this simulation make the process too slow for certain decisions (e.g. allocation of wood to factories in a context where there would be thousands of logs and dozens of factories).

Previously, our team has shown that machine learning-based models can predict the sawing outcome with a certain level of precision. Moreover, in real-world decision-making situations, prediction errors on one log can be offset by errors on other logs.

If we try to predict the production that will be obtained from a single log (batch size 1), we will correctly predict only about 50% of the pieces. Conversely, for batches of 300 logs, we will have a good prediction for about 90% of the pieces (see graph). Therefore, our hypothesis is confirmed: predicting for several logs at the same time is easier than making a prediction for a single log, because some errors cancel each other out.

These results were obtained using a machine learning technique called "random forest" that combines several decision trees. The next steps are to explore new approaches such as neural networks and work on new representations of logs for machine learning models.

Vincent Martineau
Étudiant à la maîtrise
Master's student
vincent.martineau.1@ulaval.ca



BOUCLE DE RÉTROACTION POUR UNE RABOTEUSE INTELLIGENTE

Optimiser des procédés de transformation clefs pour la création de valeur dans l'industrie forestière tels que le rabotage est un défi de taille. Minimiser les pertes causées par des erreurs dans l'ajustement d'une machine très complexe, comme une raboteuse, est un enjeu très important.

Présentement, les paramètres de la raboteuse sont ajustés chaque matin à la main par un opérateur lors des maintenances et restent fixes pendant plusieurs heures, pour n'être changés que si un problème au niveau de la dimension des pièces en sortie est détecté. En raison de la vitesse de la raboteuse, un grand nombre de pièces peuvent ainsi être perdues avant que des corrections ne soient apportées.

L'objectif de cette maîtrise est de créer une boucle de rétroaction permettant d'ajuster les paramètres de la raboteuse en temps réel à partir des données entourant ce processus. Nous utiliserons dans un premier temps un modèle prédictif afin de prédire les dimensions des planches à venir selon l'état actuel de la raboteuse. Un modèle prescriptif appliquera par la suite les correctifs nécessaires.

Il a été possible d'obtenir des résultats prometteurs au niveau prédictif en utilisant des approches Bayésiennes, qui ont l'avantage d'offrir un niveau de confiance sur les prédictions. Ceci nous permettra d'éviter d'apporter des ajustements inutiles si le modèle appris n'est pas « certain » que les planches futures n'aient pas les dimensions désirées. Toutefois, une précision supplémentaire des senseurs mesurant les planches en sortie serait nécessaire afin d'utiliser ces modèles en production et de compléter la boucle de rétroaction en faisant un modèle prescriptif.

En collaboration avec FPInnovations, nous travaillons à améliorer la précision des senseurs et nous restons confiants pour la suite. Les approches d'apprentissage automatiques ont énormément de potentiel pour faire face aux défis posés par les besoins d'optimisation de l'industrie en raison de la quantité importante de données générées. Lorsque les défis associés à l'acquisition et l'intégration des données auront été relevés, ces méthodes sauront assurément tailler leur place dans le quotidien des scieries.

RETROACTION LOOP FOR A SMART PLANER

Optimizing key transformation processes for value creation in the forest industry such as planing is a challenge. Minimizing losses caused by errors in the calibration of a complex machine, such as a planer, is an important issue.

Currently, the planer is calibrated by hand by workers after morning maintenance and remains untouched until a problem in the dimensions of the wood pieces coming out of it is detected. Because of the speed of such a machine, a large number of pieces can be lost before corrections are applied.

The goal of this master's degree is to create a feedback loop that will adjust the planer in real time by using the available data. First, a predictive model will be used to predict the dimensions of the processed pieces according to the current state of the machine. From this prediction, a prescriptive model will apply the necessary corrections.

We were able to obtain promising results in regards to the predictive model by using a Bayesian approach, which has the advantage of predicting a value with a confidence interval. This confidence interval will be key to avoid making useless adjustments if the model is not "sure" that the future wood pieces will not have the desired dimensions. However, more precision from the sensors is required to use these models in production lines with a feedback loop.

Together with FPInnovations, we are working to improve the precision of the sensors and we are confident of the next steps' success. Thanks to the large amount of data generated, machine learning has a lot of potential to answer the challenges of optimization in the forest industry. Once the issues of quality data acquisition and integration are solved, the methods developed will surely be part of the day to day of wood processing.

Jean-Thomas Sexton
Étudiant à la maîtrise
Master's student
jean-thomas.sexton.1@ulaval.ca

Coordination : Edith Brotherton et Sophie Bélanger-LeBel | **Révision anglaise** : Aliké Harel | **Édition** : Sphynx Pub Inc.

CONSORTIUM DE RECHERCHE FORAC

Pavillon Adrien-Pouliot
1065, avenue de la Médecine
Université Laval
Québec (Québec) G1V 0A6
www.forac.ulaval.ca