DÉPARTEMENT DE GÉOMATIQUE APPLIQUÉE FACULTÉ DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

SEGMENTATION SÉMANTIQUE EN TEMPS RÉEL À PARTIR D’UN NANO-ORDINATEUR : ÉTUDE DES PERFORMANCES ET DES LIMITES

*Essai présenté pour l’obtention du grade de Maître en sciences (M.Sc.), cheminement géodéveloppement durable*

VINCENT LE FALHER

LONGUEUIL

SEPTEMBRE 2020

©VINCENT LE FALHER, 2020

### Remerciements

TODO

Je tiens à remercier ...

**Table des matières**

### Liste des figures I

### Liste des tableaux I

### Liste des abréviations I

1. [Introduction 1](#_TOC_250006)
   1. [Mise en contexte 1](#_TOC_250005)
   2. [Problématique 3](#_TOC_250004)
   3. [Objectifs 4](#_TOC_250003)

[Références 6](#_TOC_250002)

1. [Annexes 8](#_TOC_250001)
   1. [Exemples de nano ordinateurs qui supportent les SDK pour l’IA 8](#_TOC_250000)
   2. Communication avec l’Association des Piétons et Cyclistes du Pont Jacques-Cartier8

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

1 Comparaison des trois nano ordinateurs supportant les SDK pour l’IA 8

**Liste des abréviations**

**APC-PJC** Association des Piétons et Cyclistes du Pont Jacques-Cartier.

**CPU** Processeur Central ("Central Processing Unit").

**FCN** Réseau Pleinement Connectés ("Fully Convolutional Network").

**FCNN** Réseau de Neurones Pleinement Connectés ("Fully Convolutional Neural Network").

**GPU** Processeur Graphique ("Graphics Processing Unit").

**IA** Intelligence Artificielle.

**IoT** Internet des Objets ("Internet of Things").

**IoU** Intersection sur Union ("Intersection over Union"). **PJCCI** Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée. **SDK** Kit de Développement ("Software Development Kit").

# Introduction

## Mise en contexte

La compagnie Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI) désire évaluer la mise en service de la piste multifonctionnelle (vélos, piétons, etc.) du pont Jacques-Cartier, à Montréal, durant l’hiver. Pour ce faire, la piste doit rester sécuritaire et dégagée, malgré les évènements mé- téorologiques.

L’Université de Sherbrooke, qui participe à cette initiative, propose de mettre en place sur le pont une plateforme de détection innovatrice qui consiste à installer plusieurs paires d’objets connectés ultralégers et performants (des nano-ordinateurs) à différents endroits du pont. Chacun de ces nano-ordinateurs possède trois différents types de capteurs : vision ; son ; et météorologiques (tempé- rature, humidité, etc.). Chaque nano-ordinateur d’une paire perçoit le même environnement, mais d’une perspective différente que son homologue : la caméra pointe vers la même surface, mais d’un autre point de vue ; les sons et les données météorologiques sont captés dans le même voisinage. Les données collectées par les capteurs sont traitées en temps réel par des algorithmes de seg- mentation qui sont adaptés à ce type de problématiques : les réseaux de neurones, du domaine de l’intelligence artificielle. La déduction de l’état de la surface de la piste (sèche, mouillée, glacée, enneigée, etc.) se fait en fusionnant les différentes perceptions (multicibles) de chaque capteur (multicap- teurs).

Cet essai se concentre sur le volet vision du projet pour PJCCI. Il s’agit de déployer rapidement,

facilement, et en grande quantité des nano-ordinateurs tout le long de la piste multifonctionnelle environs ?

du pont. Lors de la mise en service des nano-ordinateurs, leur caméra sera simplement orientée vers la piste multifonctionnelle, et le modèle IA devra détecter automatiquement dès son exécution (inférence), et d’une façon continue (opérationnalisation 24/7), les délimitations (segmentation) de la piste, sans avoir à lui fournir des paramètres ou réglages personnalisés, tels que l’angle de vue, la distance ou la hauteur. Les délimitations de la piste pourront ensuite être transmises à un autre programme installé sur le nano-ordinateur afin de détecter en temps réel ou semi-temps réel 1, les conditions de la surface de la piste multifonctionnelle : enneigée, mouillée, présence de glace noire, partiellement sèche, etc. Les résultats de la détection seront accessibles ou transmis via un accès à distance aux responsables de PJCCI afin qu’ils puissent prendre les décisions adéquates en

* + 1. Temps réel signifie qu’il n’y a pas de délai entre le traitement de la donnée, et la communication du résultat. Semi-temps réel signifie qu’un faible délai est permis entre l’occurrence de l’évènement et la communication du résultat.

25 ?

matière d’entretien et d’accès.

La détection d’objets en temps réel est de plus en plus précise et efficace depuis que les per- formances des systèmes informatisés permettent l’exécution d’algorithmes exigeants, en majeure partie depuis l’utilisation des processeurs graphiques "GPU" (BEAM, 2017 ; CHONG et al., 1992 ; DETTMERS, 2015 ; JIACONDA, 2019 ; KURENKOV, 2015 ; ZHENG et al., 2020).

Les nano-ordinateurs et les objets connectés, désignés aussi par « l’Internet des Objets » ("Internet of Things")" ou "IoT", (BLANCO-FILGUEIRA et al., 2019 ; SHARMA et al., 2019) sont le résultat de la miniaturisation des systèmes informatiques. Ils permettent la détection en temps réel à des endroits, dans des situations et dans des conditions qui n’étaient pas envisageables il y a encore 10 ans (ABOUZAHIR et al., 2017 ; BERNAS et al., 2017 ; BLANCO-FILGUEIRA et al., 2019 ; ZHENGet al., 2020).

Les réseaux de neurones ont aussi rapidement progressé depuis 2012 (BEAM, 2017), permettant d’offrir des alternatives aux solutions de détection et de classifications tel que les algorithmes SIFT et HOG (PATHAK et EL-SHARKAWY, 2019). Les réseaux de neurones pleinement connectés ("FCN" en anglais, pour "Réseau Pleinement Connectés ("Fully Convolutional Network")") sont les derniers à avoir émergé et représente l’état de l’art (ZHENG et al., 2020) et à profiter au domaine de la vision et de la détection d’objets (NGUYEN et al., 2019 ; ZHENG et al., 2020).

La segmentation sémantique est une forme de classification d’image, pixel par pixel, qui tire profit des dernières évolutions de la classification supervisée grâce aux réseaux de neurones pleinement connectés (FCN), et qui peut être réalisée en temps réel avec des nano-ordinateurs (BLANCO- FILGUEIRA et al., 2019 ; LONG et al., 2015). Les images doivent être de haute résolution, ce qui nécessite d’avoir à disposition un système informatique capable de fournir une puissance de calcul appropriée, particulièrement pour la manipulation de la mémoire et des nombres flottants pendant l’inférence (MODY et al., 2018). Leur application par des nano-ordinateurs est un défi en raison de la faible consommation d’énergie (Watts) et de la puissance de calcul limité de ces derniers (COPEL, 2016).

Pour PJCCI, les avantages d’une telle plateforme seraient multiples, et on peut en énumérer plu- sieurs, sans se limiter à : contrôler et mesurer l’épandage de sel ; surveiller à distance les conditions de la piste multifonctionnelle ; éviter le déplacement d’un spécialiste ; suivre les effets du gel et du dégel ; optimiser les couts des opérations d’entretien (déplacements, quantité) ; offrir aux usagers

des conditions d’accès sécurisées et optimales même en hiver ; effets environnementaux atténués ; prise de décision et gestion proactive ; planification.

D’un autre côté, les défis ne sont pas à sous-évaluer : la détection doit être précise, fiable et consis- tante, tout cela afin d’assurer aux usagers un service de qualité dans un contexte sécuritaire.

## Problématique

Dans le cadre du projet pour PJCCI, une plateforme technologique sera mise à la disposition des gestionnaires du pont afin de les aider à prendre les décisions les plus responsables et raisonnables possibles. Mais la mise en service d’une solution innovante et fiable, qui concilie des algorithmes d’apprentissage profond, du temps réel, des nano-ordinateurs, et des conditions climatiques va- riables, est complexe. Dans une certaine mesure, l’essai va contribuer à la recherche de solutions afin de répondre au défi pour le domaine du transport actif et durable d’être soutenu par des so- lutions technologiques fiables (opérationnelles), l’objectif étant de pouvoir offrir des services de qualité et sécuritaires sur l’ensemble des quatre saisons.

La paramétrisation (des "hyperparamètres") des réseaux de neurones est subtile et intuitive, et requière de l’expérience. C’est un processus d’essais-erreurs qui est couteux en temps, et risqué puisqu’il n’y a aucune garantie de succès. La technique d’apprentissage par transfert ("Transfer Learning" en anglais) permet d’hériter d’une architecture qui est déjà entrainée et paramétrée, et de l’adapter à d’autres problématiques, en lui fournissant un plus petit jeu d’images (une centaine) de la nouvelle zone d’étude. Cette technique permet un gain en temps puisque la phase de concep- tion (analyse, architecture, configuration) est raccourcie de façon importante. La problématique pour l’essai est de trouver l’architecture qui est la plus adaptée pour répondre au besoin, et il en existe des milliers (KOH, 2018). La recherche dans la littérature permet heureusement de limiter les choix et donner des pistes (NGUYEN et al., 2019 ; NVIDIA, 2019b ; ZHENG et al., 2020).

Même si les scores sont satisfaisants lors de la phase de test du modèle, la réalité du terrain peut surprendre. Les tests d’acceptation du modèle doivent se faire en dehors de l’environnement d’en- trainement (laboratoire), dans les conditions réelles (luminosité, angle, hauteur, etc.) sur le terrain d’implémentation. Dans le jargon de l’intelligence artificielle et des réseaux de neurones, c’est l’inférence 2 (COPEL, 2016 ; NVIDIA, 2019b). De plus, le système hôte, dans notre cas le nano

2. Le terme "inférence" est utilisé lorsqu’un modèle, entrainé avec un échantillon de la population, est appliqué pour pouvoir donner une conclusion pour d’autres échantillons de la population (déduire un chien ou un chat sur une image). Le terme "prédiction" est utilisé lorsqu’un modèle, entrainé avec un échantillon de la population, est appliqué

ordinateur NVIDIA Jetson Nano, est conçu avec une architecture matérielle limitée (GPU, CPUs, mémoire, taux de transfert, alimentation).

Il existe différents cadres applicatifs pour l’entrainement de modèles IA, tels que PyTorch ou Ten- sorFlow. L’inconvénient est d’avoir à installer pour chacun leur propre environnement de dévelop- pement et d’inférence, ce qui augmente les efforts et les coûts. Le cadre applicatif ONNX a été conçu pour pallier cette contrainte. En effet, il uniformise les architectures des modèles, et sim- plifie la mise en service grâce à l’installation d’un unique cadre applicatif. NVIDIA fournit avec le Jetson Nano une plateforme applicative qui supporte les modèles convertis au format ONNX, et offre donc une solution supportant l’interopérationabilité des modèles IA.

## Objectifs

L’objectif principal de cet essai consiste a étudier la capacité du nano-ordinateur du fabricant NVI- DIA, le Jetson Nano (NVIDIA, 2019a), à exécuter, en temps réel, une architecture de réseau de neurones pleinement connectés (FCNN) entrainée à faire de la segmentation sémantique d’images et de vidéos de hautes résolutions qui sont perçues avec la caméra. Une seule classe sera extraite, celle représentant la piste multifonctionnelle. Les autres classes ne seront pas utilisées. Il semble important de préciser que l’objectif de l’essai n’est pas d’évaluer la précision des modèles (IoU, F1 score) produisant la segmentation sémantique, mais de déterminer, et ce en rapport avec les attentes du projet pour PJCCI, de la viabilité de pouvoir extraire la segmentation en temps réel à partir d’une vidéo de haute qualité avec le Jetson Nano dans un mode opérationnel 24/7, et de transmettre les délimitations de la piste multifonctionnelle à un autre programme pour détecter les conditions de la surface.

Les sous-objectifs sont les suivants :

—Évaluer les limites de la plateforme, matérielle et applicative.

—Évaluer les moyens d’optimiser la plateforme d’un point de vue matériel et applicatif.

—Évaluer la possibilité de pouvoir ré entrainer l’architecture sur le nano-ordinateur dans une perspective d’apprentissage actif et continue.

—Réentrainer une architecture FCNN avec les images du site d’implémentation.

—Permettre un accès à distance sécurisé au nano-ordinateur.

—Documenter l’approche, les tests, et les résultats ;

Il n’est pas planifié de faire des tests sur le site d’implémentation, ni s’intégrer avec d’autres pro-

pour déduire une valeur selon une ou plusieurs variables (la température selon la localisation et l’altitude).

grammes du projet pour PJCCI, par exemple pour détecter les conditions de la surface de la piste multifonctionnelle.

Le premier sous-objectif est de déterminer quelles sont les limites de la plateforme, d’un point de vue matériel (GPU, CPUs, mémoire, transfert mémoire, consommation, etc.), mais aussi applica- tif, d’un point de vue inférence. Cette phase du projet va permettre d’exécuter tel que différents modèles d’architecture déjà existants, sans les réentrainer, en tenant compte des éléments docu- mentés dans la littérature (NGUYEN et al., 2019 ; NVIDIA, 2019b ; ZHENG et al., 2020).

Un autre sous-objectif est d’optimiser ou d’adapter la plateforme, d’un point de vue matériel, mais aussi applicatif, afin d’avoir les meilleures performances et résultats possibles pendant l’inférence.

L’un des intérêts de l’IA est de pouvoir améliorer constamment les modèles grâce au ré entrain- ment continue. L’essai va évaluer la possibilité de bénéficier de cet avantage directement sur le nano-ordinateur en tentant de ré entrainer activement l’architecture avec des images de la piste multifonctionnelle re segmentées par un expert, et re générer un modèle plus précis, tout ceci en concurrence avec l’inférence en temps réel.

Comme les résultats devront être disponibles en tout temps, une connexion à distance sécurisée devra être mise en place. Cette connexion permettra aussi de pouvoir prendre le contrôle du nano-ordinateur à distance et de l’administrer. En effet, le nano-ordinateur sera déployé sur le site d’im- plémentation sans les périphériques standards, tel qu’un clavier, souris ou écran. Le type de réseau adéquat, soit Ethernet ou cellulaire (carte SIM réseau 3g/4g), sera évalué.

L’approche, les tests, et les résultats sont documentés. Il y aura beaucoup d’activités relatives à la conception et aux tests, le cheminement complet n’est pas fourni. Une synthèse est préférée et les informations les plus pertinentes sont incluses. Les détails de l’installation de l’environnement de développement et des applications, librairies et autres dépendances nécessaires sont inclus, ainsi que ceux de la configuration. Dans le cas où l’objectif principal n’est pas atteint, ou partiellement, la/les raison/s de l’échec sont spécifiées et des pistes de solutions potentielles proposées.

# Références

ABOUZAHIR, S., SADIK, M. & SABIR, E. (2017). IoT-Empowered Smart Agriculture : A Real- Time Light-Weight Embedded Segmentation System. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinfor- matics)*, 319-332. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68179-5\_28

BEAM, A. (2017). *Deep Learning 101 - Part 1 : History and Background*. https://beamandrew. github.io/deeplearning/2017/02/23/deep\_learning\_101\_part1.html

BERNAS, M., P\LACZEK, B. & SAPEK, A. (2017). Edge Real-Time Medical Data Segmentation

for IoT Devices with Computational and Memory Constrains. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 119-128. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67077-5\_12

BLANCO-FILGUEIRA, B., GARCÍA-LESTA, D., FERNÁNDEZ-SANJURJO, M., BREA, V. M. &

LÓPEZ, M. (2019). Deep Learning-Based Multiple Object Visual Tracking on Embedded System for IoT and Mobile Edge Computing Applications. *IEEE Internet of Things Jour- nal*, 5423-5431. https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2902141

CHONG, C. P., SALAMA, C. A. T. & SMITH, K. C. (1992). Real-Time Edge Detection and Image Segmentation. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 117-130. https://doi. org/10.1007/BF00142412

COPEL, M. (2016). *What’s the Difference Between Deep Learning Training and Inference?* https:

//blogs.nvidia.com/blog/2016/08/22/difference- deep- learning- training- inference-ai/

DETTMERS, T. (2015). *Deep Learning in a Nutshell : History and Training*. https://devblogs.

nvidia.com/deep-learning-nutshell-history-training/

JIACONDA. (2019). *A Concise History of Neural Networks*. https://towardsdatascience.com/ a-concise-history-of-neural-networks-2070655d3fec

KOH, J. Y. (2018). *Model Zoo - Deep Learning Code and Pretrained Models for Transfer Learning,*

*Educational Purposes, and More*. https://modelzoo.co/

KURENKOV, A. (2015). *A ’Brief’ History of Neural Nets and Deep Learning*. https : / / www . andreykurenkov.com/writing/ai/a- brief- history- of- neural- nets- and- deep- learning/

LONG, J., SHELHAMER, E. & DARRELL, T. (2015). Fully Convolutional Networks for Seman-

tic Segmentation. *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 3431-3440. https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298965

MODY, M., KUMAR, D., SWAMI, P., MATHEW, M. & NAGORI, S. (2018). Low Cost and Power

CNN/Deep Learning Solution for Automated Driving. *Proceedings - International Sym-*

*posium on Quality Electronic Design, ISQED*, 432-436. https:// doi. org/ 10 . 1109 / ISQED.2018.8357325

NGUYEN, T., SHIVAKUMAR, S. S., MILLER, I. D., KELLER, J., LEE, E. S., ZHOU, A., OZASLAN,

T., LOIANNO, G., HARWOOD, J. H., WOZENCRAFT, J., TAYLOR, C. J. & KUMAR, V.

(2019). MAVNet : An Effective Semantic Segmentation Micro-Network for MAV-Based Tasks. *arXiv :1904.01795 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/1904.01795>

NVIDIA. (2019a). *Jetson Nano*. https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano

NVIDIA. (2019b). *Jetson Nano : Deep Learning Inference Benchmarks*. https://developer. nvidia.com/embedded/jetson-nano-dl-inference-benchmarks

PATHAK, D. & EL-SHARKAWY, M. (2019). Architecturally Compressed CNN : An Embedded

Realtime Classifier (NXP Bluebox2.0 with RTMaps). *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 0331-0336. https://doi.org/ 10.1109/CCWC.2019.8666495

SHARMA, N., SHAMKUWAR, M. & SINGH, I. (2019). *The History, Present and Future with Iot*. Springer Science ; Business Media Deutschland GmbH. https:// doi. org/ 10 . 1007 / 978-3-030-04203-5\_3

ZHENG, J., LI, J., LIU, Y. & ZHANG, W. (2020). Real-Time Semantic Segmentation Network for Edge Deployment. In Y. JIA, J. DU & W. ZHANG (Éd.), *Proceedings of 2019 Chinese*

*Intelligent Systems Conference* (p. 243-249). Springer Singapore. https://doi.org/10. 1007/978-981-32-9698-5\_28

# Annexes

## Exemples de nano-ordinateurs qui supportent les SDK pour l’IA

Tableau 1 – Comparaison des trois nano-ordinateurs supportant les SDK pour l’IA

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **NVIDIA Jetson Nano** | **NVIDIA Jetson Xavier AGX** | **Raspberry Pi 4B + Intel NCS2** |
| 99USD | 599USD | 134USD (55USD + 79USD) |
| 45 x 69.6 mm, 250 gr, 5-10 W | 100 x 87 mm, 630 gr, 10-15-  30 W | 56 x 85.60 mm + 27x72 mm, 45 gr + 18.1 gr, 15 W |
| 128-core NVIDIA Maxwell GPU | 512-core NVIDIA Volta GPU with 64 Tensor Cores | Intel Movidius Myriad X VPU 16 SHAVE cores |
| Quad-Core ARM Cortex-A57 MPCore | 8-core NVIDIA Carmel Arm v8.2 64-bit CPU 8MB L2 + 4MB L3 | Quad-core ARM Cortex-A72 64-bit @ 1.5 GHz |
| 4 GB 64-bit LPDDR4 | 32 GB 256-bit LPDDR4 | 4GB LPDDR4 |
| 0.47 TFLOPS@FP16 | 5.5-11.5 TFLOPS@FP16 ;  20-32 TOPS@INT8 | 4 FLOPS@FP16, 1  TOPS@INT8 |

## Communication avec l’Association des Piétons et Cyclistes du Pont Jacques- Cartier

L’Association des Piétons et Cyclistes du Pont Jacques-Cartier (APC-PJC) a été contacté afin de leur demander la permission d’utiliser leurs fichiers multimédias de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier, tel que leurs images et leurs vidéos. Voici les détails de la communication et les conditions d’utilisation.

7/31/2020 Courriel - Vincent Le Falher - Outlook

**RE: Bonjour !**

Mickaël Germain [<Mickael.Germain@USherbrooke.ca>](mailto:Mickael.Germain@USherbrooke.ca)

Mer 2020-02-19 23:30

**À :** Vincent Le Falher [<Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca>;](mailto:Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca) Piétons-cyclistes pont Jacques-Cartier [<apc.pontjc@gmail.com>](mailto:apc.pontjc@gmail.com)

Bonjour,

Merci pour les informations. Nous n'avons pas d'entente avec PJCCI pour le rapport de maîtrise. Nous ne partagerons pas vos informations sans votre accord. Cordialement,

Mickaël

**De :** Vincent Le Falher <[Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca](mailto:Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca)>

**Envoyé :** 18 février 2020 17:55

**À :** Piétons-cyclistes pont Jacques-Cartier

**Cc :** Mickaël Germain

**Objet :** Re: Bonjour !

Bonjour M. Démontagne,

Je copie mon directeur de projet pour le notiﬁer des conditions entourant l'usage des ﬁchiers médias (photos et vidéos) que vous nous permettez gentiment d'utiliser aux ﬁns de mon essai de recherche pour étude.

Je comprends vos demandes et je les appliquerais en bonne et due forme, cela me fera plaisir.

@Mickaël stp noter qu'il est important de notiﬁer l'association si les ﬁchiers médias sont utilisés par d'autres étudiants, \*surtout\* dans le contexte du projet avec PJCCI.

+ De plus sais-tu s'il existe une entente ou convention avec PJCCI par rapport à l'utilisation du rapport de maîtrise ?

@M. Démontagne je vous remercie encore pour votre aide, et, si vous le désirez, je pourrais vous tenir au courant de l'évolution de mon projet. Mon objectif est de compléter mon essai avant la mi-aout 2020.

Au plaisir de discuter de nouveau avec vous, au besoin. Vincent

--

Vincent Le Falher 514-229-3863

**De :** Piétons-cyclistes pont Jacques-Cartier <[apc.pontjc@gmail.com](mailto:apc.pontjc@gmail.com)>

**Envoyé :** 18 février 2020 17:11

**À :** Vincent Le Falher <[Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca](mailto:Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca)>

**Objet :** Re: Bonjour !

Bonjour Vincent,

Suite à notre conversation de ce mardi midi, je vous autorise à utiliser les photos et vidéos disponibles sur le compte Flickr de l'Association ainsi qu'aux vidéos disponibles sur notre compte YouTube.

Le dossier complet (photos, vidéos) contient environ 250 Go de données (classement par années). Celui qui correspond sensiblement aux données du compte Flickr environ 30 Go (classé par thèmes).

Nous vous demanderons simplement de **mentionner l'Association des piétons et cyclistes du pont Jacques-Cartier** lors de l'attribution des crédits des médias.

Nous vous demandons également que les médias utilisés dans le cadre de votre projet de maîtrise servent à alimenter uniquement votre projet. **S'ils devaient être transférés à PJCCI** pour être exploités dans le cadre des opérations de la Société (entretien, études, etc.) **nous vous demanderons de nous avertir.**

D'autre part, si vous avez une **entente ou convention avec PJCCI** par rapport à l'utilisation de votre rapport de maîtrise, nous vous demanderons de nous la faire parvenir pour que nous puissions prendre connaissance de son contenu.

[https://www.ﬂickr.com/photos/151964858@N02/albums](https://www.ﬂickr.com/photos/151964858%40N02/albums)

https://[www.youtube.com/channel/UCD2cxmKiEP88LmZ21chTKHw?](http://www.youtube.com/channel/UCD2cxmKiEP88LmZ21chTKHw) Cordialement,

François Démontagne,

Président de l'association des piétons et cyclistes du pont Jacques-Cartier

Le sam. 15 févr. 2020, à 13 h 32, Vincent Le Falher <[Vincent.Le.Falher@usherbrooke.ca](mailto:Vincent.Le.Falher@usherbrooke.ca)> a écrit :

Bonjour M. Démontagne. Merci pour votre intérêt. Je vais tenter de vous contacter Mardi sur l'heure du déjeuner. À Mardi. Vincent.

**De :** Piétons-cyclistes pont Jacques-Cartier <[apc.pontjc@gmail.com](mailto:apc.pontjc@gmail.com)>

**Envoyé :** 12 février 2020 16:02

**À :** Vincent Le Falher <[Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca](mailto:Vincent.Le.Falher@USherbrooke.ca)> **Cc :** Mickaël Germain <[Mickael.Germain@USherbrooke.ca](mailto:Mickael.Germain@USherbrooke.ca)> **Objet :** Re: Bonjour !

https://outlook.office.com/mail/search/id/AAQkAGRkMzY2ZjNlLTJjZTMtNGI2My1hNTc2LTQ0ZjIxMzExNzYxMAAQAGWvRXbRHIROhn9Ro85udEw%3D 1/2

7/31/2020 Courriel - Vincent Le Falher - Outlook

Bonjour M. Le Falher,

Nous disposons eﬀectivement d'un certain nombre de photos et vidéos de la piste dans diﬀérentes conditions d'utilisation. Je vous propose de me contacter en soirée ou entre 12 h et 13 h au 514-927-6366 pour discuter de votre projet.

Au plaisir,

François Démontagne

Président de l'Association des piétons et cyclistes du pont Jacques-Cartier

Le mer. 12 févr. 2020, à 13 h 00, Vincent Le Falher <[Vincent.Le.Falher@usherbrooke.ca](mailto:Vincent.Le.Falher@usherbrooke.ca)> a écrit :

Bonjour cher responsable de l'Association des piétons et cyclistes du PJC.

Mon nom est Vincent Le Falher. Je suis étudiant à l'université de Sherbrook et je suis en plein essai de recherche en géomatique appliquée dans le cadre de la Maîtrise en géographie, cheminement géodéveloppement durable. Et mon sujet de recherche a pour site d'étude la piste multifonctionnelle du pont Jacques Cartier. Bhe oui 🙂!

Voici une page d'introduction et de mise en contexte de mon projet de recherche, si cela vous intéresse: https://vince7lf.github.io/about.html

En gros, je travaille sur un système qui permettrait de détecter automatiquement les délimitations de la piste cyclable, peu importe l'angle de vue et les conditions de la surface (mouillée, neige, etc.).

Et j'aurais besoin de "données", c'est à dire des images et des vidéos de la piste multifonctionnelle. J'en ai besoin pour tester et adapter des modèles de reconnaissance d'images. Et c'est super car vous en avez ... pas mal quand même (http[s://w](http://www.ﬂickr.com/photos/pontjacquescartier/))ww.[ﬂickr.com/photos/pontjacquescartier/).](http://www.ﬂickr.com/photos/pontjacquescartier/))

J'ai trouvé le tout grâce à votre site ([http://pontjacquescartier365.com/contact/),](http://pontjacquescartier365.com/contact/)) que j'ai trouvé en faisant des recherches d'images via Google.

Le premier objectif de mon email est de vous demander la permission d'utiliser ces images et ces vidéos. À des ﬁns de recherche pour ma maîtrise. Le second objectif, si vous me donner la permission, est de pouvoir récupérer ces images et vidéos, incluant toutes leurs diﬀérentes résolutions.

Si vous voulez en discuter, cela me fera plaisir, je suis disponible au:

Ou via email aussi.

J'attends de vos nouvelles avec impatience.

En attendant, je vous souhaite une excellente journée ! Merci Vincent Le Falher

--

---

Association des piétons et cyclistes du pont Jacques-Cartier

https://[www.facebook.com/association.pietons.cyclistes.pont.jacques.cartier/](http://www.facebook.com/association.pietons.cyclistes.pont.jacques.cartier/)

https://twitter.com/APCPontJCartier

--

---

Association des piétons et cyclistes du pont Jacques-Cartier

https://[www.facebook.com/association.pietons.cyclistes.pont.jacques.cartier/](http://www.facebook.com/association.pietons.cyclistes.pont.jacques.cartier/)

https://twitter.com/APCPontJCartier

https://outlook.office.com/mail/search/id/AAQkAGRkMzY2ZjNlLTJjZTMtNGI2My1hNTc2LTQ0ZjIxMzExNzYxMAAQAGWvRXbRHIROhn9Ro85udEw%3D 2/2