

Reconnaissance automatique d'objets pour le jumeau numérique ferroviaire à partir d'imagerie aérienne

■ Valentin DESBIOLLES

Ce projet propose une étude sur l'insertion automatique d'objets utiles au fonctionnement d'une voie ferrée dans un plan DAO. Ces objets sont visibles sur des orthophotos acquises par moyens aéroportés (drone ou hélicoptère).

La solution se scinde en deux grands axes :

- la détection et la localisation des objets d'intérêt sur une orthophoto ;
- leurs insertions dans un plan DAO.

Ce PFE parcourt ainsi les différentes techniques pour automatiser une phase de reconnaissance de certains éléments cibles sur une image pour finir sur le développement d'une méthode permettant de les reporter dans un plan DAO automatiquement.

Contexte de l'étude et les besoins formulés par l'entreprise

Par sa collaboration étroite avec le groupe SNCF, l'entreprise ALTAMETRIS est souvent missionnée pour la réalisation de plans topographiques de lignes de chemin de fer. Les moyens d'acquisitions privilégiés sont des méthodes agiles aéroportées comme le drone ou l'hélicoptère pour des relevés de plus grande ampleur. Des photos ou des nuages de points sont acquis et peuvent alors être traités pour fournir la donnée nécessaire au report, à savoir une orthophoto ou une ortholidar. Un opérateur peut alors s'atteler à l'élaboration du plan en localisant sur l'orthophoto ou l'ortholidar les objets de voies, c'est-à-dire les objets utiles

MOTS-CLÉS

Réseau de neurones convolutif, Mask R-CNN, insertion d'un bloc dynamique

au bon fonctionnement de la ligne, en les insérant à la bonne position dans un système de coordonnées donné.

L'objectif de mon projet de fin d'études est d'étudier s'il est possible d'automatiser le processus de report de certains objets de voies dans un plan DAO : assister l'opérateur en charge du report en lui proposant une insertion automatique de certains objets qu'il n'aura alors qu'à vérifier, éventuellement corriger, pour passer plus rapidement aux étapes suivantes dans la confection de son plan.

Les enjeux sont multiples, à commencer par un gain de temps dans la réalisation des plans topographiques améliorant ainsi la rentabilité pour l'entreprise, mais permettant aussi de garantir une plus grande exactitude en focalisant

l'attention de l'opérateur sur les tâches techniques de l'élaboration de son plan.

Les attentes sur la solution à fournir

La solution à concevoir s'appuiera sur l'analyse d'orthophotographies aériennes (résolution de 1 cm à 5 cm par pixel) dans le domaine du visible. L'outil à déployer devra réaliser deux tâches majeures. Dans un premier temps, il est question de reconnaître et localiser sur l'image les objets de voies à reporter de manière automatique : remplacer l'œil de l'opérateur qui repère les objets d'intérêt sur l'orthophoto.

Dans un second temps, l'outil procédera à une insertion des objets détectés dans un plan DAO. Cette étape passera par une insertion en bloc du calque de l'objet issu de la norme EPURE : norme SNCF qui définit une représentation standard de chaque objet de voies.

En accord avec l'ensemble des membres de l'équipe en charge de la réalisation des plans topographiques, trois objets spécifiques ont été retenus dans le cadre de cette étude : les balises KVB ((K) contrôle de vitesse par balises), les regards SES ainsi que les armoires SES (système électrique et signalisation) présentés ci-dessous sur la figure 1.



(a) Balise KVB



(b) Armoire SES



(c) Regard SES

Figure 1. Illustration des objets de voies retenus pour notre étude - document interne SNCF.



Il est à noter que tous nos objets d'intérêt sont rectangulaires, ce qui est un *a priori* de forme qui pourra être exploité dans la suite de cette étude.

La présentation s'articulera donc autour de trois points. Nous commencerons par la présentation du moyen retenu pour identifier et localiser les objets d'intérêt sur une orthophoto, nous verrons ensuite comment extraire les paramètres d'insertion de chaque objet détecté, puis nous terminerons par une analyse des résultats obtenus par notre solution.

Étude de faisabilité

L'une des premières solutions envisagées à la suite de l'état de l'art est un réseau Yolo pour la détection, la localisation et la labélisation des objets d'intérêt accompagné de détecteurs de caractéristiques permettant l'extraction des coins de l'objet au sein de la boîte englobante. À la suite d'une étude de faisabilité, les résultats obtenus via le réseau YoloV3 de [Alexey et al. 2020] se sont montrés très encourageants sous différents aspects à savoir :

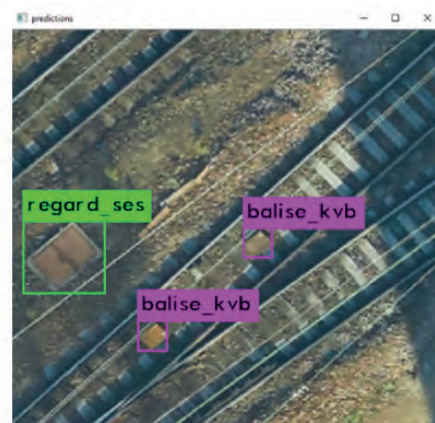
- le positionnement de la boîte englobante pour localiser l'objet ;
- le taux très élevé de bonnes classifications ;
- la vitesse de traitement ;
- le ratio entre vrais positifs, faux positifs, faux négatifs.

En effet, les tests permettent de montrer que le réseau traite en moyenne onze images par seconde avec un MAP¹ de 84 % obtenu sur un jeu d'entraînement très réduit (400 instances de balises KVB, 110 instances d'armoires SES et 300 instances de regards SES). Le réseau a été testé sur un échantillon test d'images permettant de compter 86 % de vrais positifs (bonnes détections), 6 % de faux négatifs (oublis) et 8 % de faux positifs (le réseau indique la position d'un objet d'intérêt qui n'existe pas). Ces données ont été calculées en comptant le nombre total de détections par rapport aux nombres de vrais positifs, vrais négatifs et faux négatifs.

1 Mean Average Precision – renseigne à quel point la prédiction approche la vérité terrain (par extension sur la qualité de la prédiction).



(a) - Détection d'une balise KVB et d'un regard SES tronqué avec des taux de confiance de 100%



(b) - Détection de 2 balises KVB et d'un regard SES avec des taux de confiance de 100% et 99%

Figure 2. Résultats obtenus à partir du réseau [Alexey et al., 2020].

L'architecture Yolo est donc clairement un réseau très performant, notamment pour la détection et la localisation d'instances d'objets sur images. Toutefois, la détection des coins de l'objet dans la boîte englobante s'est avérée beaucoup plus difficile. La principale raison est la trop faible résolution des images. Le flou engendré complique la détection des coins, la transition entre les contours de l'objet et le fond de l'image est trop progressive.

Durant l'état de l'art, nous avons retenu trois méthodes pour l'extraction des coins de l'objet permettant de calculer les paramètres d'insertion. Nous avons donc testé les trois méthodes pour voir si l'une d'elles permettait une extraction avec une erreur de moins de deux pixels (tolérance fixée au vu de la résolution de nos images de 2 cm à 2,5 cm).

Concernant le seuillage, puis l'extraction du contour par opérateurs morphologiques, les résultats se sont montrés concluants pour des cas simples

(l'objet d'intérêt est clairement visible dans l'image), mais peu robustes. La faible résolution des images affaiblit le contraste entre l'objet et le fond de l'image. Lorsque l'objet apparaît dans une couleur différente du fond, comme une balise KVB jaune, la méthode parvient à fournir un résultat. Toutefois, si la radiométrie de l'objet se confond avec le fond de l'image, les contours trop peu prononcés ne permettent pas à la méthode de faire la distinction entre l'objet et le fond de l'image, ce qui donne des résultats inexploitable.

En poursuivant les tests, nous avons également pu constater que les résultats de la transformée de Hough se montrent peu concluants. Nous proposons les résultats de cette méthode au travers de la figure 3 qui présente l'image dans l'espace de Hough.

Pour être exploitable, la méthode devrait produire dans l'espace de Hough quatre points rouges clairement identifiables indiquant la présence

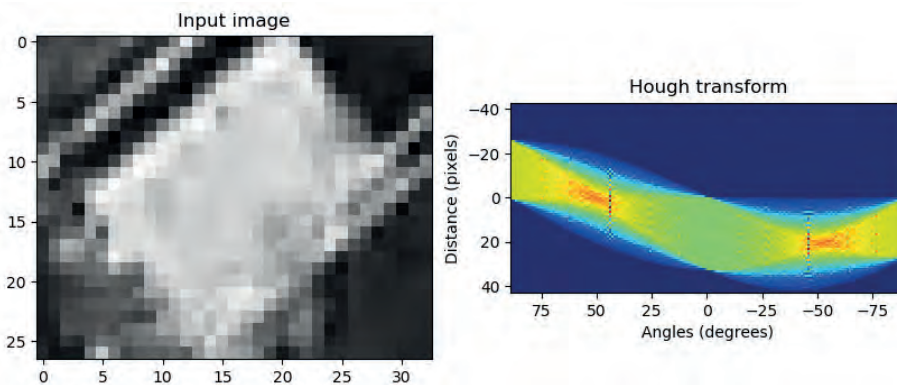


Figure 3. Transformée de Hough appliquée sur une balise KVB test. Algorithme proposé par [Quek, 2017].

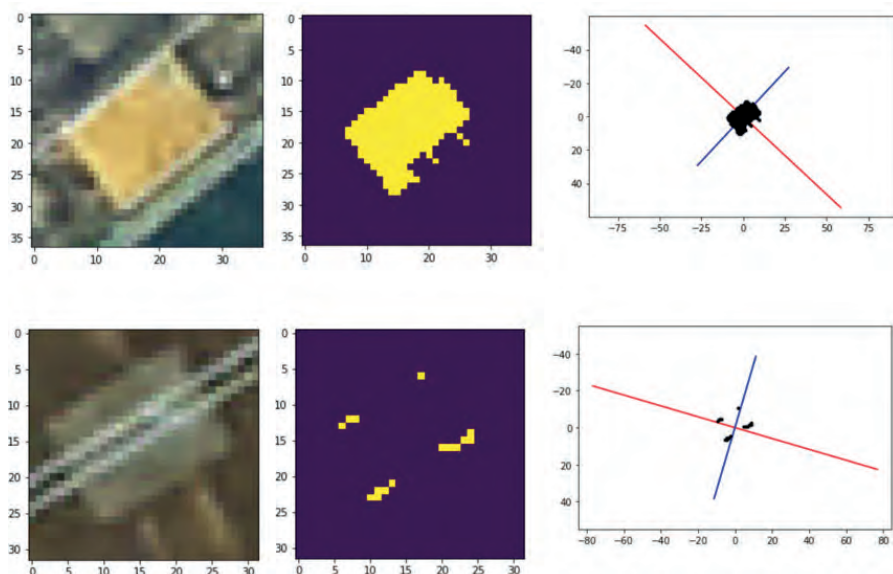


Figure 4. Résultat de la méthode ACP sur deux balises KVB tests. Inspiré de la méthode de [Svpenkov, 2013].

des quatre droites de l'objet dont les coordonnées polaires sont données en abscisse pour l'angle et en ordonnée pour la distance au centre du repère. Ici, la méthode est perturbée par les variations d'intensité des pixels très brutales dues à une trop grande résolution de l'image et ne parvient pas à faire ressortir les quatre droites de l'objet.

Nous avons donc testé la dernière solution que nous envisagions, l'extraction des données d'insertion par ACP. Cette méthode vise à extraire seulement l'angle de rotation de l'objet qui permettra de calculer la largeur et la longueur de ce dernier à partir des dimensions de la boîte englobante par trigonométrie. Les résultats obtenus sont présentés *figure 4*.

À l'image de la première solution testée, nous constatons que toute la méthode repose sur la détermination du seuil par la méthode de Otsu². Or, cette méthode n'est viable que dans le cas où la radiométrie de l'objet se détache fortement du fond de l'image.

De plus, cette méthode présente l'inconvénient d'introduire un biais dans la détermination des autres paramètres d'insertion à savoir le point d'insertion, la largeur et la hauteur. En effet, avec cette technique le point d'insertion

est défini comme le centre de la boîte englobante. Seulement il peut y avoir un écart entre le barycentre de l'objet détecté et le centre de la boîte englobante. De même, la largeur et la hauteur correspondent aux dimensions de la boîte englobante qui sont alors recalculées à partir de la détermination de l'azimut. Or il est rare que la boîte englobante encadre parfaitement l'objet au niveau de son contour.

Au terme de cette étude de faisabilité, nous arrivons à la conclusion que les détecteurs de coins de l'objet ne permettront pas de déployer une solution fiable et précise. Nous avons donc fait le choix de poursuivre l'état de l'art pour parvenir à la solution retenue dans cette étude, à savoir l'implémentation d'un réseau *Mask R-CNN*.

Toujours dans cette optique d'étude de faisabilité, nous avons commencé par chercher une méthode rapide d'implémentation du réseau afin de se faire

une première idée des performances que nous pouvions espérer obtenir. Nos recherches nous ont conduits sur un réseau Detectron2 développé par [Wu et al., 2019] dont le *benchmark* (l'architecture de base) est *Mask R-CNN*.

Les tests que nous avons alors pu réaliser ont montré des résultats très prometteurs laissant entrevoir que cette solution était viable pour répondre à notre problème. En *figure 5* sont présentés quelques résultats obtenus à partir de cette architecture réseau.

Ainsi, après cette étude de faisabilité, nous avons pris le parti d'une architecture *Mask R-CNN* pour la détection de nos objets d'intérêt. Les paramètres d'insertion pourront être calculés à partir des coins de l'objet extraits directement sur le masque.

Stratégie retenue pour une détection automatique

La méthode retenue pour la détection et la localisation des objets d'intérêt sur l'orthophoto s'est portée sur le réseau de neurones Detectron2, version optimisée du réseau *Mask R-CNN* et développée par [Wu et al., 2019]. Les principaux avantages d'un tel outil résident dans :

- Sa robustesse : le réseau est capable de s'adapter aux variations de formes des objets à détecter dues à la présence de masques (branches d'arbre, buissons, ballast), mais aussi d'aspects pouvant provenir d'un changement de luminosité au passage d'un nuage, la vétusté de l'objet atténuant sa teinte, etc.
- Sa précision : avec la génération d'un masque de l'objet (pixels composant l'objet sur l'image) permettant alors de travailler au plus proche de l'objet, utile en vue d'une extraction de caractéristiques. La mise en place

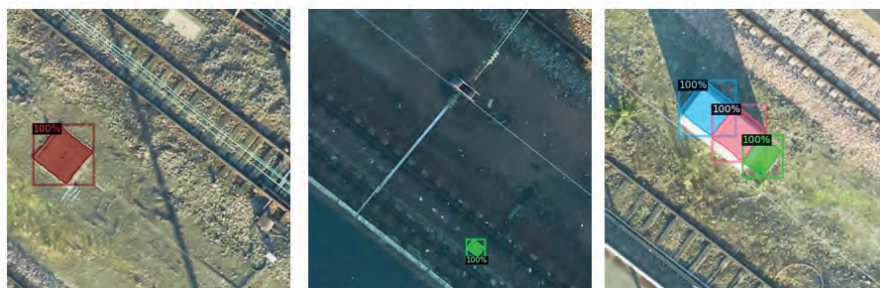


Figure 5. Résultats fournis par Detectron2 à partir du même jeu d'entraînement que l'architecture Yolo.

² Algorithme permettant de labéliser une image, pouvant être utilisé pour séparer un objet d'intérêt (classe 1) du fond de l'image (classe 2).



Figure 6. Masque d'un regard SES.



d'une telle solution passe par une phase dite d'apprentissage du réseau. Durant celle-ci, le réseau est lancé sur plusieurs images labélisées dont nous connaissons la vérité terrain et qui désignent, pour Detectron 2, la position et le type de chaque objet d'intérêt dans l'orthophoto. La position est indiquée à travers le masque de l'objet d'intérêt, illustré dans la figure 6, désignant l'emprise de ce dernier dans l'image.

Il est à noter que l'identification des contours de l'objet permet bien de remonter à son masque en choisissant tous les pixels inclus dans ce contour. En ce qui concerne le renseignement du type de l'objet, un label accompagne le masque et permet de remonter à sa nature. À titre d'exemple, la codification utilisée durant notre étude : 1 : balise KVB ; 2 : regard SES ; 3 : armoire SES.

Lorsque le réseau est utilisé sur ce type d'images labélisées, ce dernier produit une prédiction qu'il est capable de comparer à la vérité terrain dont il dispose dans ce contexte. En cas de mauvaises détections, le réseau modifie la valeur de ses paramètres automatiquement afin de fournir une prédiction exacte pour l'image donnée. Le jeu d'entraînement est donc fondamental et conditionne les performances du réseau. Au plus le jeu d'entraînement présente les objets d'intérêt sous toutes leurs formes et sous tous leurs aspects, au plus le réseau sera capable de les reconnaître dans n'importe quel contexte, les ayant déjà observés sous une représentation similaire.

Dans notre projet, nous avons conçu un programme capable de générer automatiquement des jeux d'entraînement compatibles avec le réseau Detectron2.

L'objectif est de s'appuyer sur des plans DAO réalisés par les équipes de production sur des projets antérieurs, de les parcourir pour identifier nos objets d'intérêt et d'en extraire le contour. Comme déjà évoqué, le contour permet de déduire l'emprise des objets d'intérêt et donc leurs masques.

Ici, l'idée sous-jacente est de considérer un plan DAO comme la labélisation d'une orthophoto. Lors d'un report topographique, l'opérateur localise certains éléments et les associe à un calque dédié qui s'apparente à une classification.

Au cours de cette étude, nous avons fait le choix de ne labéliser aucune image manuellement pour accentuer l'aspect automatique de la solution proposée. À partir des plans DAO à disposition, il a été possible de produire un jeu d'entraînement comptant :

- 1 844 instances de balises KVB ;
- 1 418 regards SES ;
- et 556 armoires SES.

La plupart des articles scientifiques s'accordent sur ce sujet et estiment qu'environ 2 000 instances d'un objet sont nécessaires pour qu'un réseau puisse correctement l'appréhender. Au vu du nombre d'objets à disposition, nous savons qu'il sera possible d'obtenir des résultats, mais que ces derniers pourront être optimisés en étoffant le jeu d'entraînement.

Une fois le réseau entraîné, nous disposons d'un outil permettant :

- de localiser nos objets d'intérêt dans l'orthophoto ;
- de les classer ;
- de fournir leurs masques : chaque pixel qui compose nos objets d'intérêt est extrait du fond de l'orthophoto.

La phase suivante consistera donc à étudier comment insérer automatiquement les détections du réseau dans un plan DAO.

Une phase d'insertion automatique

Les objets de voies possèdent tous un bloc prédéfini selon la norme EPURE mise en place par SNCF. L'insertion de ces objets dans un plan DAO revient donc à déterminer les paramètres d'insertion du bloc pour chaque objet et d'exécuter la commande *Insertion* en bloc d'AutoCAD de manière automatique.



Figure 7. Mise en évidence de la relation paramètres d'insertion et coins de l'objet.

Les paramètres demandés sont :

- un point d'insertion ;
- un azimut ;
- les dimensions de l'objet : largeur et hauteur.

Or, toutes ces informations peuvent être extraites à partir des coins de l'objet comme présenté sur la figure 7.

Il est alors possible de calculer les paramètres souhaités tels que :

- point d'insertion = coin le plus à gauche ;
- largeur = distance entre le coin le plus à gauche et le plus à droite ;
- hauteur = distance entre le coin le plus à gauche et le plus haut ;
- azimut = calcul de gisement entre le coin le plus à gauche et le plus haut.

Ainsi, une fonction Autocad s'appuyant sur la méthode insertion en bloc a été conçue de manière à ce que les paramètres d'insertions ne soient plus demandés à l'opérateur sous forme de clics dans l'interface Autocad, mais soient bien issus des paramètres calculés à partir de l'extraction des coins de l'objet. Au lancement de cette fonction, l'insertion des objets détectés par le réseau se fait de façon automatique et ne nécessite plus d'interventions d'un opérateur.

Toutefois, il est impossible de produire un réseau infallible. Chaque détection s'inscrit forcément dans l'une des trois catégories suivantes :

- un vrai positif : une bonne détection ;
- un faux positif : le réseau détecte un objet qui n'existe pas ;
- un faux négatif : le réseau a oublié un objet d'intérêt dans l'orthophoto.

Le cas des faux négatifs est le plus problématique, car il décrédibilise à lui seul la solution. Le but de la solution est d'accélérer le processus de report afin que l'opérateur puisse accéder plus rapidement aux étapes suivantes dans



la constitution de son plan. La recherche d'oublis dans l'orthophoto est une perte de temps qui rend caduque la solution. Pour limiter le nombre d'oublis, le réseau est paramétré de manière à indiquer un objet d'intérêt dès la moindre suspicion. En effet, chaque détection est associée à un seuil de confiance qu'il est possible de paramétrer pour ne garder que les détections les plus probables d'être correctes. En partant du constat qu'il est beaucoup plus facile de supprimer un faux positif que de trouver un objet oublié, ce seuil a été réglé très bas pour limiter les oublis. La conséquence sera de retenir beaucoup de faux positifs qu'il faudra alors rapidement identifier pour pouvoir les supprimer. Dans cette idée, nous avons donc développé une fonction Autocad qui permet le contrôle de nos insertions automatiques de façon rapide et simple.

La fonction dirige le zoom de l'interface Autocad sur chacune des insertions automatiques et propose alors à l'opérateur de :

- valider l'insertion ;
- la modifier (corriger le point d'insertion, la largeur) ;
- la supprimer (cas des faux positifs) ;
- l'entourer par un cercle rouge (demande remontée par les équipes de production pour revenir plus tard sur les cas litigieux).

De cette façon, il est beaucoup plus ergonomique de repérer et supprimer les faux positifs. Les vérifications sont donc beaucoup plus rapides, améliorant grandement les performances de l'outil.

Étude de précision et rôle de l'opérateur

Dans cette partie, nous souhaitons évaluer l'impact de notre solution par rapport à un report manuel que réalisent les opérateurs aujourd'hui. Pour cela, nous commencerons par une analyse au niveau des temps de traitement.

	Temps de traitement
Plan 1	7 min 30 sec
Plan 2	17 min 30 sec
Plan 3	2 min 40 sec

Tableau 1. Temps de traitement obtenus par insertion manuelle.

	Temps pour déployer la solution	Temps consacré aux retouches	Temps de traitement
Plan 1	3 min 30 sec	3 min 00 sec	6 min 30 sec
Plan 2	5 min 30 sec	6 min 45 sec	12 min 15 sec
Plan 3	2 min 00 sec	1 min 20 sec	3 min 20 sec

Tableau 2. Temps de traitement obtenus par insertion automatique.

Afin de mener cette comparaison, nous proposons de nous appuyer sur les résultats obtenus par les deux méthodes regroupées dans les *tableaux 1 et 2*.

**Temps pour déployer la solution : durée nécessaire à la solution pour localiser et identifier les objets d'intérêt, extraire leurs paramètres d'insertion et les introduire dans un plan DAO automatiquement.*

**Temps consacré aux retouches : durée nécessaire à l'opérateur pour valider et corriger les insertions automatiques.*

Il est possible d'observer que la solution automatique permet un gain de temps pour deux plans sur trois, les plus longs à réaliser et qui contiennent donc le plus d'objets à reporter. Plus précisément, la solution semble apporter un gain de temps proportionnel au nombre d'objets d'intérêt présents dans l'orthophoto. Pour expliquer cela, il faut comprendre qu'un réseau de neurones est capable d'analyser une orthophoto et de détecter les objets d'intérêt plus rapidement qu'un opérateur. En revanche, le réseau nécessite de traiter l'image d'entrée pour pouvoir lancer sa recherche, en d'autres termes, un réseau ne peut pas analyser directement une orthophoto là où un opérateur le peut. Ce traitement devient donc intéressant si l'image contient beaucoup d'objets, mais s'avère désavantageux dans le cas contraire. Nos études nous ont permis d'estimer que la solution automatique devient rentable en termes de temps de traitement à partir d'une quinzaine d'objets d'intérêt présents dans l'orthophoto.

En revanche, une seconde analyse nous permet de dire que le temps consacré aux retouches reste toujours inférieur au temps de traitement d'un report manuel. Dans une solution manuelle, l'opérateur est constamment actif durant la confection de son plan. Dans la solution automatique, l'opérateur travaille sur son plan uniquement pendant le temps de retouches : le temps pour déployer la solution est un temps où l'opérateur n'a pas à agir et peut se concentrer sur une autre tâche. La solution automatique laisse donc bien entrevoir un gain de temps pour l'opérateur.

Analysons à présent la solution en termes de précision sur l'insertion : l'évaluation du nombre de bonnes détections par rapport au nombre de fausses détections et d'oublis. Pour cela, nous avons lancé la solution automatique sur les trois mêmes orthophotos utilisées pour l'analyse des temps de traitement et dont les résultats sont regroupés dans les diagrammes *figure 8*.

Dans un premier temps, nous pouvons constater un taux de bonnes détections nul pour le cas des armoires SES qui nécessitent toutes des retouches. Toutefois, ce dysfonctionnement peut s'expliquer par un fait externe au réseau de neurones développé dans notre solution : lorsqu'un opérateur reporte une armoire SES ou tout objet ayant une certaine élévation, ce dernier a recours à des ortholidars plutôt que des orthophotos puisque celles à disposition ne sont pas des orthophotos vraies, elles ne présentent pas une géométrie verticale parfaite sans dévers de bâtiment.

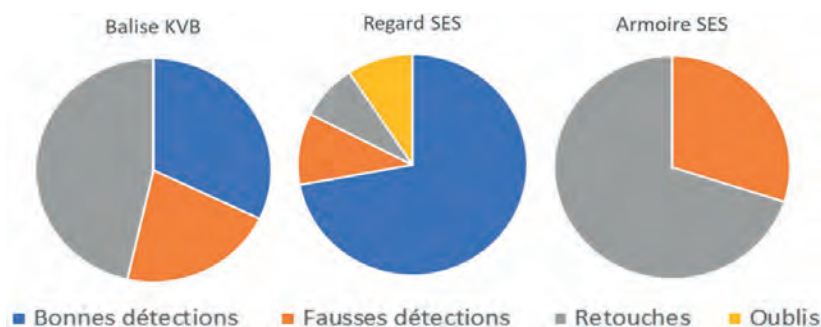


Figure 8. Étude sur la précision des insertions issues du report automatique.



Lorsque le jeu d'entraînement se constitue automatiquement, les contours des objets d'intérêt sont relevés au sol. Or sur l'orthophoto, la partie en hauteur de l'armoire est décalée et sort de son contour. Le masque de l'objet (les pixels compris dans le contour) ne comprend pas une portion des parties en hauteur de l'armoire : le réseau apprend une mauvaise définition de l'armoire SES durant son entraînement qui cause un décalage permanent des détections du réseau (figure 9).

Les regards SES et les balises KVB, étant des objets au sol, ne subissent pas cet effet et présentent des taux raisonnables de bonnes détections, voire de très bons taux pour les regards. Les balises KVB étant constituées de deux plaques détectées séparément par le réseau, il reste encore difficile de placer le bloc de façon exacte, notamment au niveau de l'azimut qui reste la variable la plus sensible à déterminer et qui nécessite le plus souvent des retouches pour cet objet.

Rappelons toutefois que ces résultats ont été obtenus avec un jeu d'entraînement relativement peu fourni, ce qui laisse entrevoir des résultats prometteurs.

Conclusion

Durant cette étude, la problématique était de concevoir une solution capable de réaliser l'insertion automatique de certains objets de voies dans un plan Autocad à partir d'orthophotos.

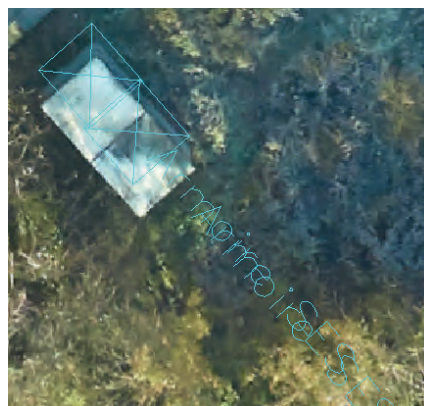


Figure 9. Cas des armoires SES.

Nous avons pu y répondre en proposant une chaîne de traitement en deux temps :

- le déploiement d'un réseau Detectron2 et de programmes permettant la création de son jeu d'entraînement de façon automatique ;
- le développement d'algorithmes permettant l'extraction des paramètres d'insertion de chaque détection ainsi que des fonctions Autocad pour les introduire et les vérifier dans un plan DAO.

Une phase de tests a permis de mettre en évidence des manques, notamment au niveau du traitement des armoires SES, le bon fonctionnement d'un réseau restant tributaire de la pertinence de son jeu d'entraînement. Néanmoins, la solution reste très prometteuse puisqu'à partir d'un jeu d'entraînement peu fourni, nous avons réussi à obtenir des résultats satisfaisants permettant déjà un gain de temps pour l'opérateur.

Enfin, cette solution est amenée à évoluer non seulement par un jeu d'entraînement qui tend à s'étoffer, mais aussi en procédant à de la veille technologique puisque les réseaux de neurones sont un domaine en pleine expansion qu'il est impératif de suivre pour profiter des dernières optimisations. ●

Contact

Valentin DESBIOLLES
valentin.desbiolles@outlook.fr

Bibliographie

- Alexey, Redmon, J., Sinigardi, S., cy, Hager, T., Zhang, V., Ilya Ovodov, Kahn, P., Veitch-Michaelis, J., Dujardin, A., duohappy, acxz, Aughey, J., White, J., Smith, D., Aven, Shibata, T. K. C., Giordano, M., Daras, G., HagegeR, Gasiorzewski, B., Kohli, P., Timon, Udantha, N., Kmiec, M., Vhavle, H., Cho, D., Lin, C.-H., Baranski, A. et 7FM (2020). Yolo v3 optimal. <https://github.com/AlexeyAB/darknet>
- Wu, Y., Kirillov, A., Massa, F., Lo, W.-Y., and Girshick, R. (2019). Detectron2. <https://github.com/facebookresearch/detectron2>.
- Quek, A. (2017). Hough transform - line detection.
- Svpenkov(2013). Object orientation, principal component analysis opencv. <https://robospace.wordpress.com/2013/10/09/object-orientation-principal-component-analysis-opencv/>.

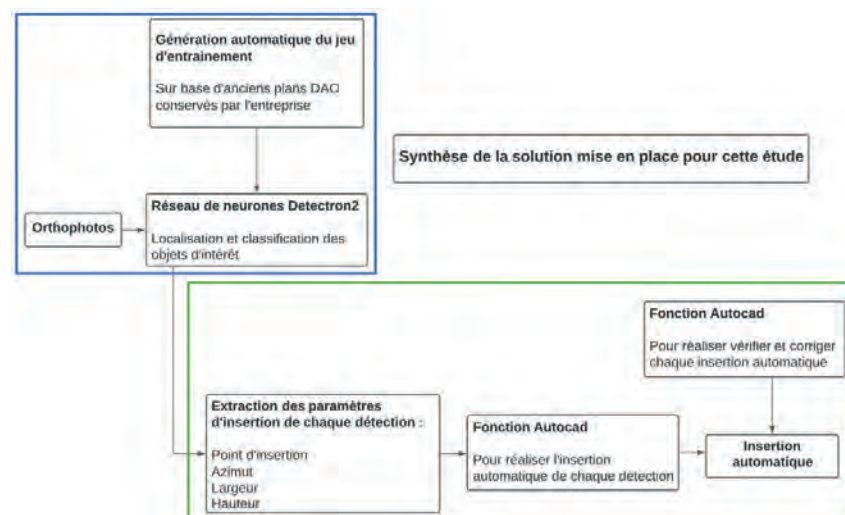


Figure 10. Illustration de la chaîne de traitement proposée durant cette étude.

ABSTRACT

Key words: Convolutional neural network ; Mask R-CNN ; Dynamic block insertion.

This project proposes a study about the automatic insertion of objects useful for the proper functioning of a railway track in a CAD plan. These objects are present on orthophotos acquired by airborne means (drone or helicopter).

The solution is divided into 2 main axes:

- *The detection and localization of objects of interest on an orthophoto;*
- *Their insertions in a CAD plan.*

This PFE goes through the different techniques to automate the recognition phase of certain image target elements and the method development to transfer them into a CAD plan automatically.