

Bild zu zeichnen, haben wir eine zusätzliche Höhe hinzugefügt, um die Augenhöhe eines Spaziergängers zu erreichen. Alle Wipfel, die höher als die Augenhöhe sind, würden die Sicht behindern, falls die Passerelle gebaut würde (nachstehend: «kritische Wipfel»).

Wir haben auch das Wachstum der Bäume der nächsten fünf Jahre berücksichtigt und die gleichen Berechnungen durchgeführt. Auf diese Weise kann die Entwicklung der Vegetation ab Datenerfassung vorweggenommen werden (nachstehend: «Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden»).

c. Beurteilung der Position

Die Analysen haben folgende Ergebnisse geliefert:

Gefällte Stämme: 30

Gefällte Kronen: 17

Veränderte Kronen: 23

Kritische Wipfel: 22

Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden: 9

d. Auswertung der Analysen

Für die Auswertung der Ergebnisse müssen einige Vorkehrungen getroffen und die Herkunft der Daten sowie die verwendete Methode berücksichtigt werden.

Die Wipfel werden mit verschiedenen Methoden geprüft. Das Ergebnis kann als

verlässlich betrachtet werden. Wie die Abbildung 3 zeigt, behindern die kritischen Wipfel die Sicht nicht. Die Tabelle 1 zeigt, dass die Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden, keine grossen Auswirkungen auf das Panorama haben werden.

Die Auswertung bei den Stämmen hingegen ist anspruchsvoller. Hier muss auch der Teil der Stämme im Unterholz berücksichtigt werden. Diese Daten werden mit einer terrestrischen Aufnahme ergänzt.

3. Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Ausblick

Das 3D-Modell mit der in ihre Umgebung eingebetteten Passerelle konnte auf der Grundlage der Ergebnisse der einzelnen Schritte umgesetzt werden. Es gibt zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten. Diese werden nach dem Ermessen des Vereins geprüft.

Die verschiedenen Analysen sind verlässlich und werden eine schnelle Aktualisierung der Ergebnisse ermöglichen, wenn die Daten einmal mit einer terrestrischen Aufnahme ergänzt sein werden.

Abschliessend und um die einleitende Frage zu beantworten, können die Ziele erreicht werden. Wir werden allerdings nicht umhinkommen, einige Bäume zu fällen. Nichtsdestotrotz wurde die Passe-

relle so entworfen, dass sie sich bestmöglich in die Umgebung einfügt.

Eine Visualisierung des 3D-Modells ist unter folgendem Link abrufbar: www.centre-du-valais.ch.

Anmerkungen:

(1) AVECEV: «Association pour la Valorisation et l'Exploitation du Centre d'Équilibre du Valais», Verein zur Aufwertung und Erschliessung des Mittelpunkts des Wallis

(2) LiDAR: Light Detection And Ranging (Fernmesstechnik, die sich auf die Analyse der Eigenschaften eines Lichtstrahls stützt, der von einem Objekt reflektiert wird.

(3) ASPRS-Standard (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing): Standardklassifizierung einer LiDAR-Punktwolke.

(4) DTM: digitales Terrainmodell

(5) IDW: IDW-Interpolation (Inverse Distance Weighted). Sie ermittelt den Zellenwert mit einer linear gewichteten Kombination verschiedener Referenzpunkte.

(6) MNC: «Modèle Numérique de la Canopée», digitales Baumkronenmodell

Julien Brunner

Geomatiktechniker FA

Ingénieurs et Géomètres Elzingre SA

Route de Chippis 44

CH-3966 Chalais

julien.brunner@elzingre.ch

J. Brunner

Les objectifs sont:

1. la création d'un point d'observation
2. un impact minimal sur le paysage
3. une construction high-tech regroupant le savoir-faire local

Les deux premiers points sont cruciaux pour le projet. Une mauvaise restitution des arbres pourrait se traduire par un échec lors de la construction. Le travail présenté ici va donc se concentrer sur la restitution des arbres, avec pour seule base un relevé LiDAR⁽²⁾ et de créer toutes les analyses qui permettront de définir si les objectifs sont atteints ou non. Est-il possible de créer un

Modélisation d'une maquette sur la base de données LiDAR et intégration d'un projet 3D

Le centre d'équilibre du Valais est connu. Il a été calculé dans les années 2000 par un technicien de la région, avec l'appui de swisstopo. Situé en pleine forêt, proche de St-Luc, ce point est représenté par un totem, orné du drapeau valaisan. L'AVECEV⁽¹⁾ a pour projet la valorisation de ce lieu en construisant une passerelle gravitant autour du centre.

point d'observation, en pleine forêt, avec un impact minimal sur le paysage et les arbres? C'est à cette question que nous allons essayer de répondre.

1. Restitution des éléments

L'objectif de cette étape est de transmettre à l'architecte les informations nécessaires à l'étude de la passerelle. Le fichier final devra comprendre la position des troncs, la position et l'altitude des cimes, l'emprise des couronnes et une topographie de la zone. Le centre d'équilibre sera également représenté.

L'analyse et le contrôle du LiDAR ont été réalisés en amont. Ses caractéristiques principales sont les suivantes:

- densité: ~70 pts au m²
- classification: selon le standard ASPRS⁽³⁾
- précision: ~10 cm

a. Courbes de niveau

Un MNT⁽⁴⁾ a été réalisé avec le logiciel ArcGis, avec l'interpolation IDW⁽⁵⁾. Pour limiter le bruit consécutif à la densité de points, il a ensuite été filtré. Les courbes de niveau ont été calculées sur cette base. Afin de diminuer le volume de données, les courbes ont été généralisées via une routine FME.

Cette méthode a été contrôlée en comparant plusieurs altitudes brutes du LiDAR avec les altitudes interpolées, aux mêmes emplacements, sur le MNT filtré. Le résultat (FH moyen de 4 cm et un écart type de 5 cm) nous démontre que le processus de production n'a pas altéré la précision initiale du nuage de points.

b. Segmentation

Le but est de restituer les 3 principaux éléments d'un arbre, à savoir:

- la cime (point en 3D)
- le tronc (point en 2D)
- la couronne (polygone 2D)

Cimes

Cette restitution est réalisée sur la base de codes implémentés dans le programme Octave. Un point du nuage est déterminé comme cime si, dans un rayon défini, aucun autre point ne se situe plus

haut. Ce rayon est proportionnel à la hauteur de l'arbre. Cette hauteur est calculée sur la base des modèles numériques, (du terrain, de la canopée et de hauteur) calculés au préalable.

Un algorithme permet ensuite d'attribuer, pour chaque cime, les points du nuage LiDAR lui appartenant. Les 2 résultats obtenus sont un nuage dont les points sont colorisés en fonction de leur appartenance, ainsi que la position 3D des cimes.

Couronnes

Cette restitution est réalisée grâce à une routine FME, sur la base du nuage de points colorisé lors de la détection des cimes.

Tout d'abord, le nuage est coupé puis filtré selon les couleurs des cimes. Les différents nuages sont ensuite transformés en grilles raster de 50 centimètres. Pour finir, les cellules extérieures de chaque arbre sont reliées entre elles, puis sont lissées par segment d'au maximum 20 centimètres.

Ce processus a pour avantage de restituer des couronnes conformes à leur forme réelle.

Troncs

Les codes implémentés dans Octave permettent la restitution des troncs. Ils sont basés sur un principe simple: la densité des points de végétation est plus élevée à l'approche d'un tronc.

Nous obtenons ainsi la position de tous les troncs avec leur hauteur. L'altitude au sol est calculée par interpolation sur le MNT.

c. Contrôle de la segmentation

Nous avons procédé à une deuxième détection indépendante: la segmentation manuelle. Cette détection manuelle a été comparée à la méthode automatique.

Si le contrôle des cimes a donné un résultat concluant, l'analyse est plus compliquée pour les troncs. Au regard de la méthode de saisie (LiDAR), il paraît évident que certaines informations en sous-bois ont été perdues. Il faudra donc les compléter avec un relevé terrestre.

Les couronnes sont comparées avec un

MNC⁽⁶⁾. Leurs géométries sont globalement conformes.

2. Analyses

Cette étape comporte trois objectifs distincts:

1. analyser l'impact de la passerelle sur les arbres
2. évaluer la hauteur de la passerelle
3. évaluer le positionnement de la passerelle par rapport aux différents buts énoncés en introduction

La position et les dimensions de la passerelle sont maintenant connues. Avant de commencer les analyses, nous avons calculé son altitude par interpolation avec le MNT.

a. Analyse de l'impact

Tronc

Cette analyse va permettre de chiffrer le nombre d'arbres impactés (touchés ou abattus) par la construction de la passerelle. Tous les calculs sont réalisés sur Excel. Tous les troncs se situant dans la zone tampon de 2 m autour de la passerelle sont sélectionnés. L'altitude de chaque arbre est soustraite à la hauteur sur sol de la passerelle. La différence entre la hauteur de la passerelle et la hauteur du tronc nous donne la taille de la coupe. Cette taille de coupe peut être mise en relation avec la hauteur du tronc, sous la forme d'un pourcentage. Si le tronc est coupé de plus de 30% de sa hauteur, il est défini comme abattu.

Couronne

Tous les points situés dans la zone tampon ont été conservés. La même routine que pour la segmentation a été appliquée. Nous obtenons ainsi les couronnes impactées par le projet.

b. Evaluation de la hauteur

L'altitude des cimes situées en aval de la passerelle a été comparée à la hauteur de la passerelle. Pour être plus réaliste, nous avons ajouté une hauteur supplémentaire pour trouver une altitude au niveau des yeux d'un promeneur. Toutes les cimes se trouvant plus élevées que le niveau des

yeux sont des cimes qui gêneraient la vue, si la passerelle était construite (ci-après: «Cimes critiques»).

Nous avons également pris en compte la croissance des arbres sur cinq ans et refait ces mêmes calculs. Cela permet d'anticiper l'évolution de la végétation depuis la saisie des données (ci-après: «Cimes critiques d'ici à cinq ans»).

c. Evaluation du positionnement

Les résultats des analyses sont les suivants:

Troncs abattus: 30

Couronnes abattues: 17

Couronnes modifiées: 23

Cimes critiques: 22

Cimes critiques d'ici à cinq ans: 9

d. Interprétation des analyses

Il est nécessaire de prendre certaines précautions concernant l'interprétation de ces résultats et de prendre en compte la provenance des données ainsi que la méthode employée.

Les cimes sont contrôlées par diverses méthodes. Le résultat peut être considéré comme fiable. Comme le démontre la figure 3, les cimes critiques ne gêneront pas la vue. Le tableau 1 démontre que les cimes critiques d'ici à cinq ans auront peu d'impact sur le panorama.

L'interprétation est en revanche plus délicate concernant les troncs. Il faut prendre en compte le taux de restitution des troncs en sous-bois. Ces données seront complétées par un relevé terrestre.

3. Résultats, conclusions et perspectives

La maquette 3D représentant la passerelle dans son environnement a pu être réalisée sur la base des résultats des différentes étapes. Les possibilités d'amélioration sont vastes. Celles-ci seront étudiées à la discrétion de l'association.

Les diverses analyses sont fiables et permettront, une fois les données complétées par un relevé terrestre, une mise à jour rapide des résultats.

En finalité, et pour répondre à la question de l'introduction, les objectifs sont réalisables. Nous ne pourrions pas échapper à l'abattage de certains arbres. Néanmoins, la passerelle a été étudiée pour une intégration maximale au site.

Une visualisation de la maquette 3D est disponible sur le site suivant: www.centre-du-valais.ch

note:

(1) AVECEV: Association pour la Valorisation et l'Exploitation du Centre d'Équilibre du Valais.

(2) LiDAR: Light Detection And Ranging (technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

(3) Standard ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing): classification standard d'un nuage de point LiDAR.

(4) MNT: Modèle Numérique du Terrain.

(5) IDW: Interpolation de pondération par l'inverse de la distance. Elle détermine la valeur des cellules via la combinaison pondérée de manière linéaire d'un ensemble de points.

(6) MNC: Modèle Numérique de la Canopée.

Julien Brunner

Technicien en géomatique avec Brevet Fédéral

Ingénieurs et géomètres Elzingre SA

Route de Chippis 44

CH-3966 Chalais

julien.brunner@elzingre.ch

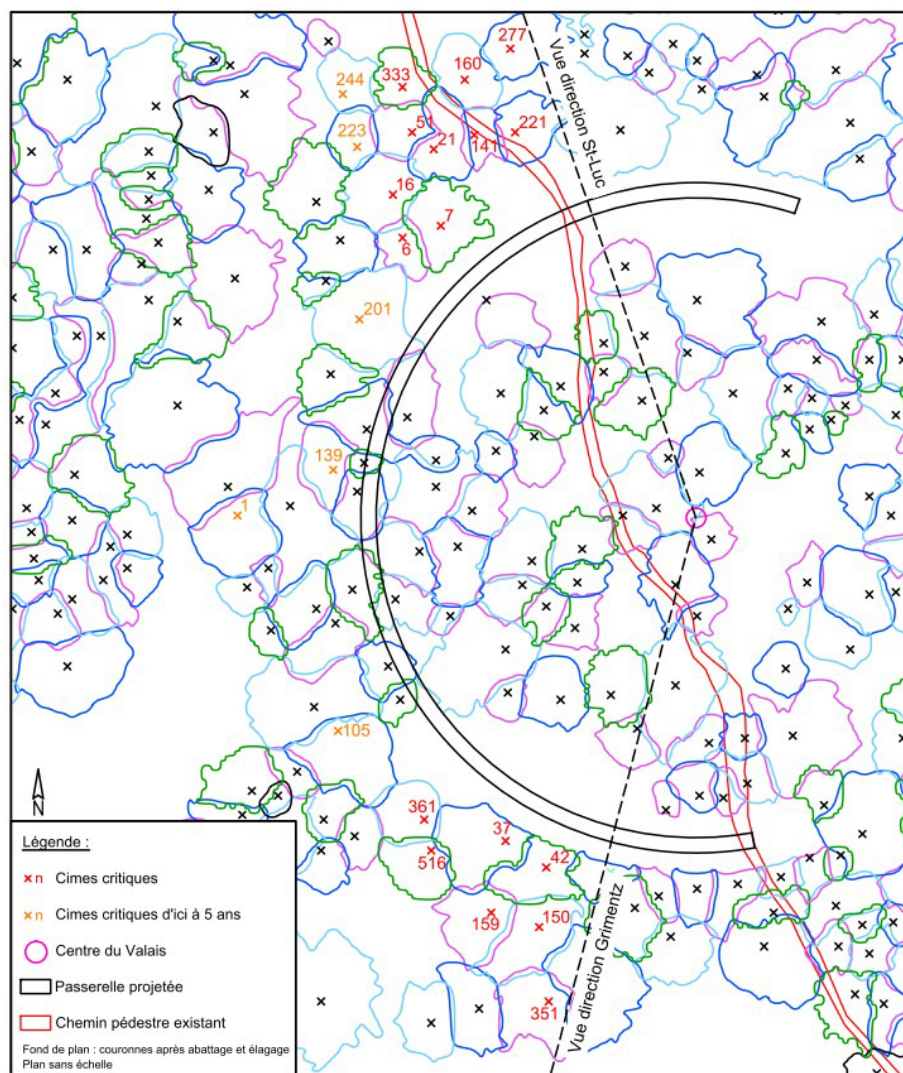


Fig. 3: Situation des cimes critiques et critiques d'ici à cinq ans.

Abb. 3: Situation der kritischen Wipfel und der Wipfel, die es in den nächsten fünf Jahren sein werden.

Fig. 3: Situazione delle cime critiche e critiche tra cinque anni.