



Amélioration de la qualité de resurfaçage des chaussées bitumineuses à l'aide de la technologie de fraisage 3D.

Retours d'expériences.

1. Contexte : le programme Construction du Futur

L'ambition de [Construction du Futur](#), programme structurant faisant partie de la stratégie [Digital Wallonia](#), est d'aider le secteur de la construction à relever les défis liés à l'emploi, l'économie et l'environnement en agissant sur divers leviers :

- Relever le niveau de maturité numérique globale du secteur ;
- Favoriser la diffusion de technologies numériques avancées ;
- Développer un réseau « d'ambassadeurs » au travers de professionnels de la construction présentant de bonnes pratiques numériques ;
- Coordonner les actions des différents acteurs en matière de transformation numérique du secteur.

Partenaire de ce projet, le Centre de recherches routières (CRR) conduit plusieurs actions, parmi lesquelles : l'organisation de séminaires et la publication d'articles pertinents afin de sensibiliser et informer les acteurs du secteur de la construction routière, leur permettant de surmonter les freins et obstacles et tirer avantage de la numérisation.

Le présent article s'inscrit dans cet objectif de sensibilisation et d'information. Il explique comment la technologie de fraisage 3D permet d'améliorer l'uni et la qualité du resurfaçage des chaussées bitumineuses en s'appuyant sur des relevés 3D précis, une modélisation numérique et un guidage automatisé des machines.

Il s'appuie sur plusieurs retours d'expérience concrets : des cas réels en Wallonie (N865), en Flandre (N725 avec AWV, Colas, Topcon), sur le circuit de Zolder, mettant en évidence l'utilisation de données fournies par différentes technologies (scanners 3D statiques, mobiles, Lidar, GPS/GNSS).

2. Défis à relever

Un bon uni est d'une importance cruciale pour la sécurité et le confort de l'utilisateur de la route. Lors de la réfection des revêtements bitumineux, il est dès lors essentiel de bien maîtriser l'uni du revêtement posé.



Le fraisage traditionnel, dans lequel la surface actuelle est le plus souvent utilisée comme plan de référence, copie le profil actuel de la route. Toutefois, d'ordinaire, ce profil doit être modifié pour améliorer l'uni, et, lors de la modification du profil existant, d'autres paramètres importants ne doivent pas être compromis, tels que :

- le respect des épaisseurs de couche pendant la réalisation ;
- les jonctions avec les parties adjacentes à la route (notamment les accès aux propriétés riveraines).

Ces opérations ne sont pas toujours une chose aisée. L'évaluation correcte de la situation actuelle, au travers d'un mesurage approfondi et précis, et la conception d'un plan d'exécution adéquat par un topographe sont donc très importants. Un tel relevé traditionnel est très intensif et prend en outre beaucoup de temps.

Il y a quelques années, une nouvelle technologie 3D a été développée pour simplifier cette tâche et guider le travail de fraisage avec précision.

3. Technologie 3D

En résumé, la technologie 3D permet de scanner la situation actuelle de manière sûre et très précise. Les données collectées servent à créer un modèle en 3D. Dans celui-ci, les nouvelles hauteurs de travail sont définies et il est possible, à l'aide d'une simulation, d'anticiper les éventuels problèmes.

Le plan d'exécution approuvé est ensuite introduit dans le système de commande des machines sur le chantier. À l'aide de la géolocalisation (GPS), la machine suit le plan d'exécution à la lettre.

Mesure de l'état initial

Grâce à la technologie 3D, l'état réel de la route peut être mesuré de manière sûre et précise. Divers appareils sont disponibles à cette fin :

○ **Scanners 3D statiques**

Remarque : la technologie évoluant en permanence (y compris au niveau des “porteurs” de ces scanners), les illustrations suivantes ne sont pas exhaustives.



Exemples de scanners Laser 3D statiques

(Sources, de gauche à droite : <https://www.artec3d.com/fr> - <https://leica-geosystems.com/fr-be/> - <https://geospatial.trimble.com/fr/>)



Selon le type d'appareil, le scanner 3D a une portée de 100 m à 300 m ; un balayage de 360° prend deux à trois minutes. Par la suite, l'appareil doit être déplacé.

- **Scanners 3D dynamiques** (mobiles)

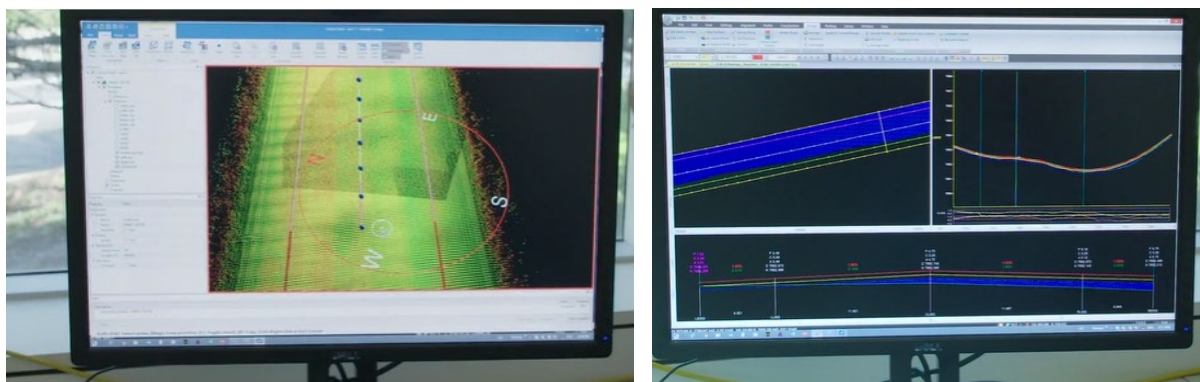


Exemple d'un scanner Laser 3D dynamique
(Source : <https://www.topconpositioning.com/be/fr>)

Un scanner dynamique peut être installé sur divers porteurs (véhicule, robot, drone, personne selon la technologie). Monté à l'arrière d'un véhicule, comme sur l'illustration ci-dessus, il permet de scanner la route en 3D de manière sûre, sans gêner les autres usagers de la route. Le véhicule peut s'insérer dans le flux de la circulation. Cela présente un avantage majeur pour la sécurité et le temps passé par les géomètres. Ils ne sont en effet plus exposés au trafic et le relevé avec un véhicule est beaucoup plus rapide qu'avec une station totale ou un scanner statique, par exemple.

Création d'un modèle 3D

Avec les données collectées pendant la mesure, un modèle 3D peut être créé. Dans ce modèle, un nouveau plan de référence est déterminé afin de guider les travaux de rabotage et en vue d'une planéité optimale du nouveau revêtement. Grâce à la simulation dans le modèle, les problèmes éventuels, tels que les raccordements avec les rues secondaires ou les allées, peuvent être anticipés. Le modèle est ensuite converti en un plan d'exécution pour la fraiseuse.



Exemple d'un software pour créer le modèle 3D et le plan d'exécution
(source : <https://www.topconpositioning.com/be/nl/solutions/technology/infrastructure-products/rd-mc>)



Guidage des travaux de fraisage

Le plan d'exécution approuvé est transféré au panneau de commande de la fraiseuse, laquelle peut le suivre avec précision avec l'aide du géo-positionnement. Le positionnement de la machine sur le chantier selon le plan d'exécution peut se faire de différentes manières : station totale (Local Positionning System) ou logiciel de guidage d'engin GPS-GNSS.



Panneau de commande avec le plan d'exécution (boîtier jaune)

Lorsqu'une station totale est utilisée pour déterminer la position, un prisme est monté sur la fraiseuse. Une connexion constante entre la station totale et le prisme est nécessaire. La station totale doit être installée de tel sorte que le faisceau ne soit pas interrompu, par exemple par la circulation, des arbres en surplomb ou des camions en attente. En outre, la portée d'une station totale est limitée à environ 150 m, après quoi l'appareil doit être déplacé et calibré.



Prisme monté sur la machine

Lorsque le GPS est utilisé pour le géo-positionnement, deux antennes GPS-GNSS sont montées sur la fraiseuse.



Deux antennes GPS-GNSS montées sur la fraiseuse

4. Etudes de cas

Cas 1 : raclage de la chaussée par relevé 3D de la N865 entre Dohan et Morte han

Durant le printemps 2016, le SPW MI (district de Florenville) a réalisé un raclage de la chaussée par relevé 3D de la N865 reliant les villages de Dohan à Morte han (pk 7 à 15). L'utilisation de la technologie adéquate a été rendue possible grâce à un partenariat avec l'entreprise « Les Enrobés du Gerny ».

Cette section de voirie, située en zone boisée, est sinueuse et présentait des vagues dans son profil longitudinal.

Mesurage et modélisation

Un géomètre s'est rendu sur place implanter des jalons tout au long du tracé afin que la raboteuse puisse toujours être en contact avec trois points lors de son déplacement. Les points relevés ont ensuite été collationnés dans un programme de dessin reprenant le profil en long de la chaussée.

Sachant que 6 cm de revêtement (AC14 surf1-2) devaient être placés, un premier profil a été dessiné avec le maintien de points obligatoires tel que des parkings, voiries adjacentes, etc. Les courbes obtenues ont par après été lissées via le programme informatique afin d'obtenir le meilleur profil théorique espéré.

Réalisation et résultat

Les points GPS obtenus ont été réintroduits dans les capteurs placés sur la raboteuse qui se positionnait vis-à-vis des jalons précédemment placés tout le long du tracé. La profondeur de raclage a varié entre 13 cm et 3 cm. Dans ce second cas, une purge supplémentaire de 5 cm a été réalisée (AC14base 3-2).

Dix ans plus tard, cette section reste une route très agréable à la conduite, avec un profil en long toujours très correct.



Situation avant (2009) et après (2019) travaux

Cas 2 : réfection des revêtements bitumineux de la N725 à Lummen

En 2019, le CRR, en collaboration avec les autorités routières flamandes (AWV), Colas Belgique (entrepreneur), Topcon (fournisseur de technologie) et Top-Off (société de fraisage), a organisé une planche d'essais démonstratif dans le cadre de la réfection des revêtements bitumineux de la N725 à Lummen, pour démontrer et évaluer la technologie 3D.

Acquisition

Au cours du projet, diverses techniques de mesure ont été éprouvées pour établir l'état existant :

- avec l'analyseur de profil en long (APL) du CRR ;
- avec le profilomètre laser (LPM) de l'AWV ;
- à l'aide d'un scanner mobile RD-M1, par Topcon ;
- via un relevé statique (Lidar) et des mesures topographiques, par Top-Off.

Les résultats des mesures APL et LPM ont servi à calculer les coefficients de planéité du revêtement en place. Les mesures APL ont par ailleurs été répétées après les travaux de fraisage et après la pose du revêtement bitumineux.

Sur une partie de la route se trouvant dans un environnement dégagé, le scanner mobile RD-M1 a été utilisé. Sur un second tronçon, couvert d'arbres en surplomb et au feuillage



dense pouvant obstruer le signal GPS, on a plutôt eu recours à des dispositifs statiques (scanner 3D et station totale).

Modèle 3D

Le modèle 3D a été réalisé à l'aide des données de cartographie mobile et du Lidar statique. Le profil de la route a ensuite été adapté au moyen de simulations pour parvenir à un résultat le plus "lisse" possible. Une fois le nouveau profil introduit dans la fraiseuse, celle-ci a fraisé à une profondeur variable pour obtenir l'uni souhaité.

Guidage de la machine

Dans une première partie du chantier et sur un pont enjambant une autoroute, une partie des travaux de fraisage a été effectuée de manière traditionnelle (fraisage duplex).

Pour les deux autres tronçons, la technologie 3D a été utilisée pour piloter les travaux de fraisage, avec un géo-positionnement assuré soit via une station totale (tronçon couvert d'arbres), soit via GPS-GNSS (RD-MC ; environnement dégagé).



Fraisage piloté via une station totale

Vu la portée limitée de la station totale, et pour éviter de la déplacer et recalibrer, plusieurs stations totales ont été utilisées pendant le test. En revanche, comme il n'y a pas de restriction sur la plage de travail lors de l'utilisation du contrôle RD-MC (GPS), aucun équipement n'a dû être déplacé ou installé dans ce cas, et le travail a pu se poursuivre sans aucune interruption.

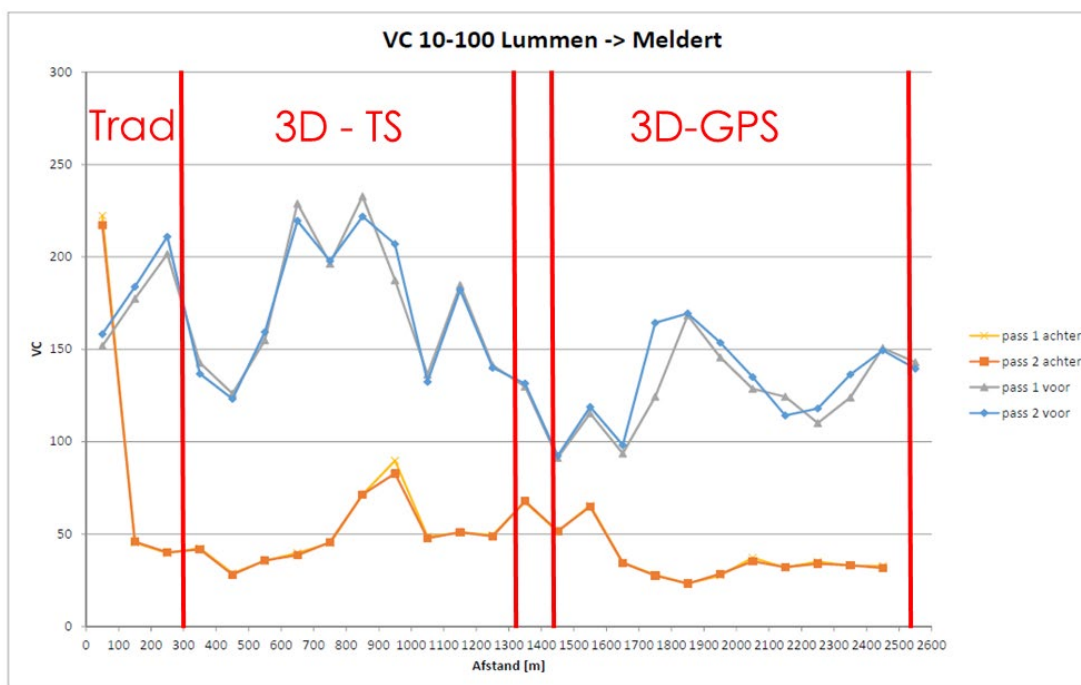


Fraisage piloté par GPS

Résultats obtenus

Certains problèmes sont survenus pendant l'exécution, comme la présence de goudron, ce qui a nécessité d'adapter le modèle dans le système de contrôle. Le système est flexible et permet d'adapter facilement le modèle et de définir un décalage sur le site.

L'uni longitudinal a été mesuré avant (bleu et gris) et après (jaune et orange) la reconstruction de la route et les résultats étaient prometteurs. Une grande amélioration de l'uniformité longitudinale a été constatée après la reconstruction.



Coefficients de planéité mesurés avant (« voor ») et après travaux (« achter »)



La technologie 3D offre plusieurs nombreux avantages tant pour l'entrepreneur que pour le client :

- amélioration significative de l'uniformité longitudinale, ce qui profite à la sécurité et au confort de l'utilisateur de la route ;
- une mesure plus rapide et plus efficace, plus sûre pour le géomètre ;
- la possibilité de simulations dans le modèle 3D (connexions avec les propriétés adjacentes et les rues secondaires) ;
- la possibilité d'adapter le modèle en cours d'exécution, selon les problèmes qui surviennent.

Ce projet de démonstration réalisé en 2019 a montré que la technologie était prête à être utilisée sur les routes belges. Les entrepreneurs ont d'ailleurs commencé à fréquemment y recourir.

Cas 3 : Circuit de Zolder

La technologie 3D a également été utilisée pour les travaux de fraisage lors de la rénovation du circuit de Zolder en 2020. Dans le cas des circuits de course, la technologie 3D est souvent utilisée pour répondre à des exigences strictes ou pour effectuer des travaux de fraisage très spécifiques avec des pentes et des surélévations précises.

La situation initiale a été mesurée avec le scanner RD-M1. Une fois le plan d'exécution transmis au panneau de commande, la machine a été pilotée grâce à un positionnement par base d'une station totale.



Fraisage sur le circuit piloté par station totale.

5. Conclusions

En diffusant des résultats pertinents et en facilitant la compréhension entre les parties prenantes du secteur de la construction routière, cet article vise à atténuer les défis et à maximiser les avantages de la transformation numérique.

Les technologies de guidage 3D, largement éprouvées depuis des années dans les travaux de terrassement, ont été testées de manière progressive pour les opérations de fraisage, avec des résultats de plus en plus concluants. Les différents cas présentés montrent que cette approche est aujourd'hui mature et opérationnelle lorsque les



conditions s'y prêtent : nécessité d'améliorer significativement l'uni, présence de contraintes de raccordement complexes, géométries sensibles (zones sinueuses, pentes, profil exigeant), ou encore environnements où la précision facilite la coordination des travaux. Les exemples plus récents démontrent que ces outils ne sont plus expérimentaux : ils offrent une meilleure maîtrise du profil final, réduisent les imprévus en cours d'exécution et permettent d'anticiper les difficultés via la modélisation préalable. Sans être adaptée à tous les chantiers, la technologie 3D constitue désormais une option robuste permettant d'élever la qualité et la fiabilité du resurfage chaque fois que la situation le requiert. Elle ouvre ainsi la voie à une utilisation plus étendue et stratégique au sein du secteur routier.

Cet article a été rédigé grâce à la contribution active de M. Ben Duerinckx, coordinateur des sections pilotes au CRR, et de M. Eric Evrard, ingénieur et Chef de District au SPW Mobilité & Infrastructures.