

Nouveaux outils pour la construction de formes complexes. Cas d'étude : maçonnerie d'une voute par réalité mixte à Rocalia 2023.

Mots clés : Réalité augmentée, maçonnerie, HoloLens, taille de pierre, bâtisseur

Introduction

Tout au long de son évolution, l'entreprise SNBR a adopté le concept de « tradition – innovation » comme la colonne vertébrale sur laquelle doit reposer son savoir-faire, tout en mettant l'innovation au service de la tradition et non le contraire. C'est une subtilité qui prend toute son importance dans un discours toujours plus présent lorsque certaines avancées technologiques font irruption dans un secteur concret (dans ce cas particulier, celui de la restauration de monuments historiques, sculpture, taille de pierre). Afin de respecter ces fondamentaux, il nous faut suivre un procédé qui, avec le temps est devenu mécanique, et qui consiste à suivre de près les différents secteurs de l'industrie pour lesquels sont initialement développées certaines technologies à haut potentiel et, dans la mesure du possible, les appréhender, analyser leurs bénéfices et leurs contraintes de manière empirique afin de déterminer leur applicabilité dans notre secteur.

La partie essentielle de cette pratique (celle dont l'incompréhension génère le plus de débats) commence au moment précis où la responsabilité de décider ce qui est « bon à prendre » ou ce qui ne l'est pas, dans chaque **outil** analysé, revient au technicien à la tête de l'étude (à partir de ce moment, le terme « outil » sera préféré à « technologie ». C'est, là encore, une subtilité, mais cela prend tout son sens dans le discours que nous tenons). Dans ce sens, il est très fréquent de ne retenir qu'une petite proportion des « atouts » des outils émergents (voire de les écarter) dont l'application n'apporte pas de plus-value à notre savoir-faire traditionnel. Car l'utilisation d'un outil, quelle que soit sa nature, ne peut en aucun cas être un objectif en soi.

Cela étant dit, l'entreprise SNBR, fidèle à sa philosophie, voulait présenter une partie des résultats de son département Recherche et Développement à l'édition 2023 du Salon Rocalia. Pour cette édition, les composants du groupe (maçons, tailleurs de pierre, restaurateur du patrimoine) se sont intéressés de près aux outils impliquant le virtuel à la réalité (Réalité Virtuelle, Réalité Augmentée, entre autres).

L'objectif premier du projet était de présenter une méthodologie expérimentale pour la maçonnerie d'éléments complexes. L'idée principale de celle-ci était de répondre à la nécessité d'optimiser le flux d'informations entre les différents intervenants d'un chantier (bureau d'études, architectes, techniciens...). Créer un pont (à double sens) et rendre accessible le maximum de données aux différents acteurs présents sur le chantier, dans un seul et unique flux commun, tout en réduisant le volume de contraintes qui « satellisent » autour de l'intervention.

La phase de documentation au sujet des différents outils, plus ou moins accessibles, capables de répondre à ces nécessités nous a vite menés vers la Réalité Augmentée qui projette de l'information virtuelle sur une vue ouverte de notre entourage, contrairement à la Virtuelle pour laquelle tout se passe à travers l'écran. En effet, afin de rendre viable son application dans les conditions de travail des différents composants du groupe, il était primordial de conserver une vision périphérique de l'environnement.

Nous nous sommes donc tournés (après avoir, quand même, réalisé certains essais en Réalité Virtuelle afin de connaître notre sujet) vers une lunette de Réalité Mixte (appellation employée par Microsoft pour ses HoloLens 2) qui, dans les grandes lignes, utilise la Réalité Augmentée avec la particularité que le virtuel a la capacité d'interagir avec le technicien aux commandes et avec son environnement (les lunettes triangulent, en temps réel, l'environnement qui les entoure).

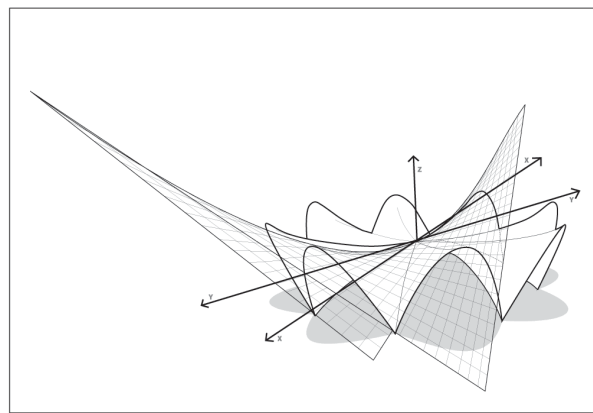
Une fois établis les principaux objectifs et détectés les outils susceptibles de répondre à nos attentes, fut venu le temps de la réflexion autour de l'objet d'étude, La maquette :

Le projet fut donc initialisé sous certaines prémices propres à ce type de salon, auquel nous avons déjà participé sur plusieurs éditions antérieures, c'est-à-dire :

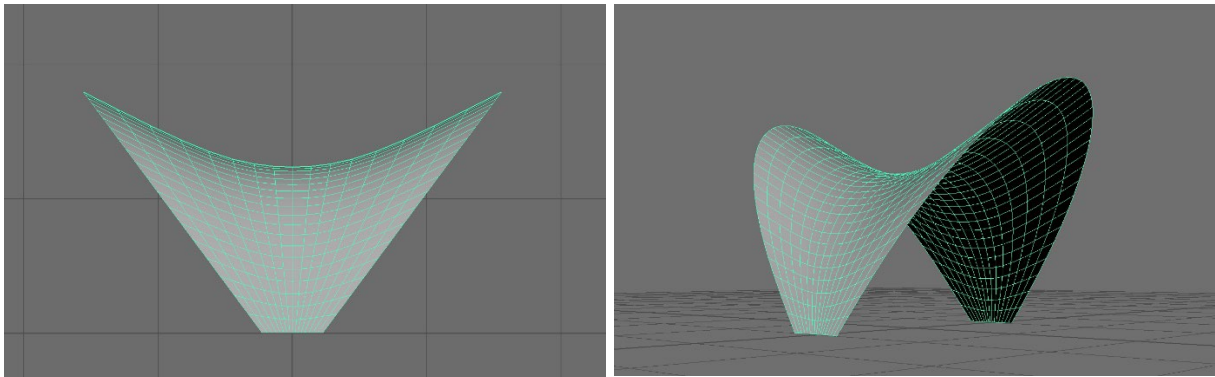
- Prise en compte du volume (taille du stand)
- Prise en compte des temps de pose / dépose
- Prise en compte des normes de sécurité

Méthodologie expérimentale

Au cours de la « pluie d'idées » mise place entre les composants du groupe, issus de différents horizons, ainsi que des références qui les caractérisent, un croquis a retenu l'attention. Il s'agissait d'un paraboloïde hyperbolique. C'est une forme géométrique que l'on retrouve communément dans l'architecture aux traits avant-gardistes de biomimétisme aux influences méditerranéennes.



Edifice principal de L'Océanografic de Valencia (Espagne). Des architectes et ingénieurs Felix Candela, Alberto Domingo et Carlos Lazaro.



Premières esquisses / définition de la forme

Etant donné que cette expérience reposait sur la méthodologie en matière de maçonnerie expérimentale le groupe a décidé (cela s'est un peu imposé comme une évidence) de maçonner cette « voute » comme cela se faisait traditionnellement à la brique. Des informations et savoirs ont donc été compilés autour des voutes Nubiennes, Sarrasines et Catalanes, qui ont toutes un objectif commun, à savoir, atteindre une résistance optimale avec le moins de matière possible et une mise en œuvre la plus simple possible, le tout sans coffrage. La maçonnerie se réalise « à la volée » avec un minimum de repères préalablement définis.

Seulement, l'entreprise excellant dans le traitement de la pierre, avait à cœur de maçonner dans sa matière de prédilection. Et à la suite d'un échange avec Monsieur Aubertin Christophe (Architecte Collectif Studiolada) et Monsieur De Kervenoael Emeric (Directeur des carrières de Noyant) lors de la journée d'étude du Marché couvert de St Dizier, il a été déterminé que la brique en terre cuite ou crue traditionnelle serait remplacée par de la pierre (de Noyant). Donnant place, sous forme de défis, à de nouveaux projets, de nouvelles perspectives au matériau pierre.

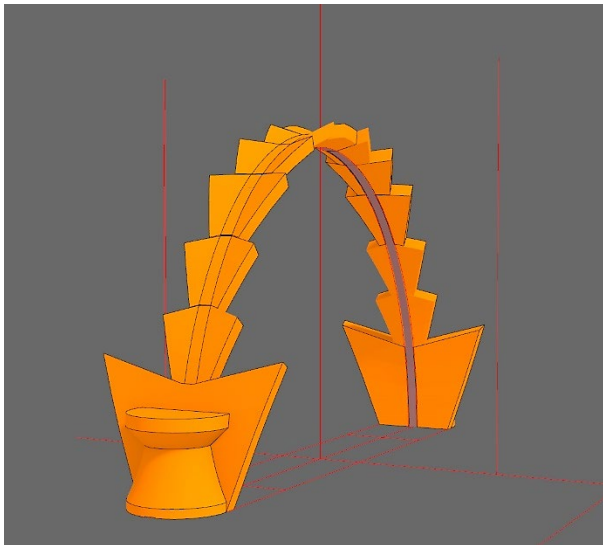
Afin de répondre aux prémices de l'installation, exposés antérieurement, à savoir : vitesse d'installation et mise en sécurité, nous avons décidé de créer une « colonne vertébrale », en pierre de travertin, qui servirait (en plus de maintenir les deux versants / sécurité) de départs de maçonnerie, limitant ainsi les coupes (donc optimisant les temps d'exécution).

Après différents essais de section de briques de pierre (celles-ci devaient maintenir un équilibre taille / poids permettant une maçonnerie rapide) et de mortier à base de chaux, plâtre et sable pour conjuguer la souplesse de ce dernier, son temps de prise relatif à sa composition ainsi qu'aux caractéristiques de la pierre (porosité, humidité, entre autres), la brique de 14 x 7 x 4 cm en pierre de Noyant et un mortier de plâtre furent retenues.

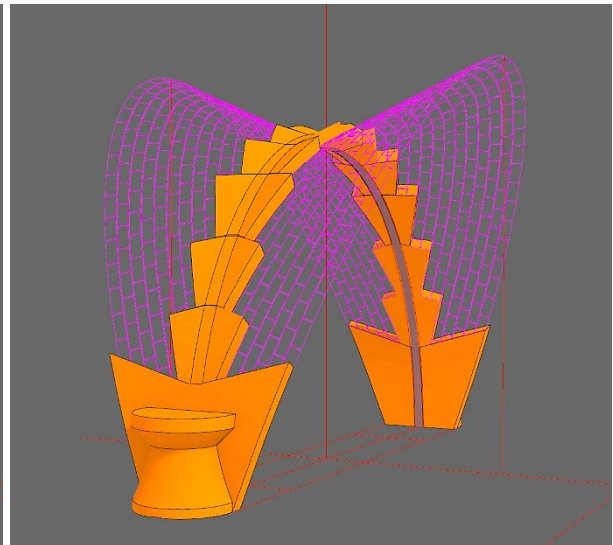
La « voute » fut dessinée en prenant soin de séparer, par calques, les différentes informations nécessaires afin que le maçon puisse sélectionner celle dont il a

besoin au cours des différentes étapes de la construction, puis de les projeter (ensemble ou séparément) en réalité mixte.

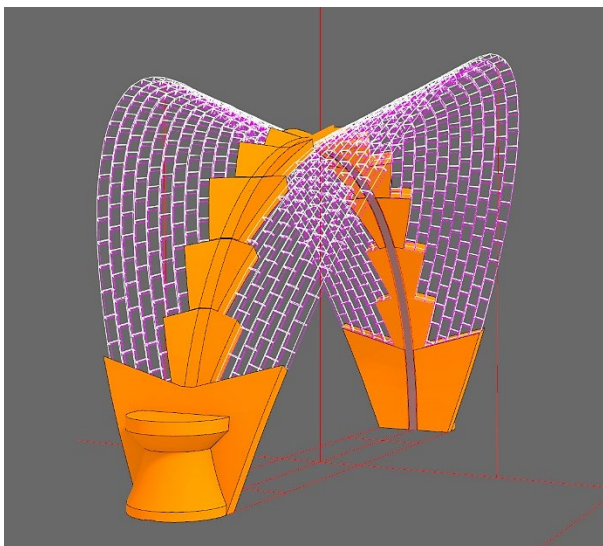
Comme exposé ci-dessous, des tests de faisabilité ont été menés à bien dans nos installations afin de valider les acquis et réaliser les modifications (structure, programmation de la scène en réalité mixte, entre autres) nécessaires au bon déroulement du salon.



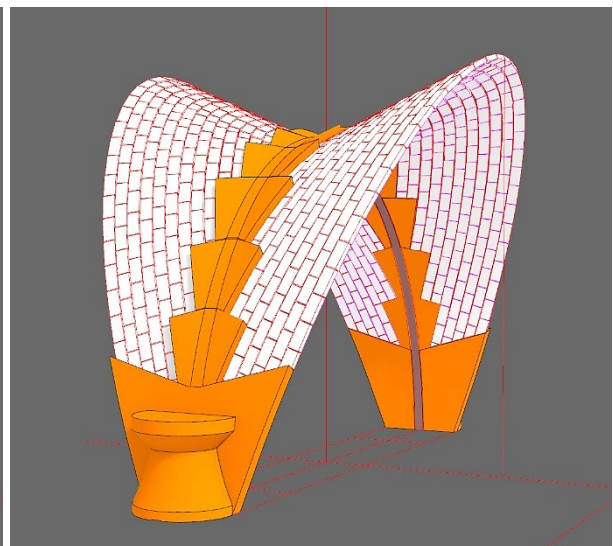
Colonne + implantation



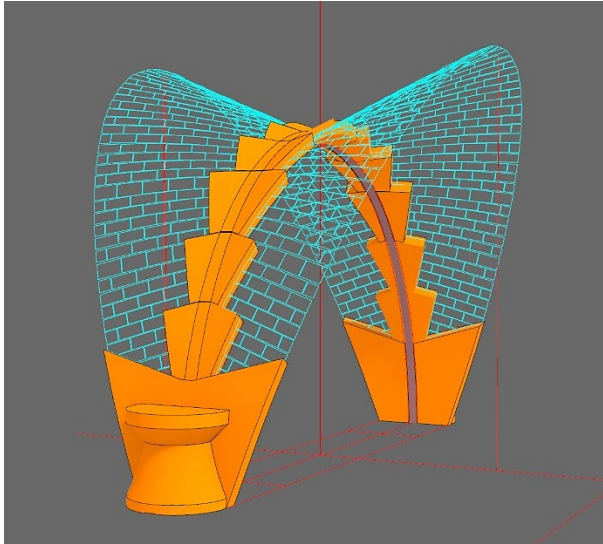
1^{ère} couche intrados



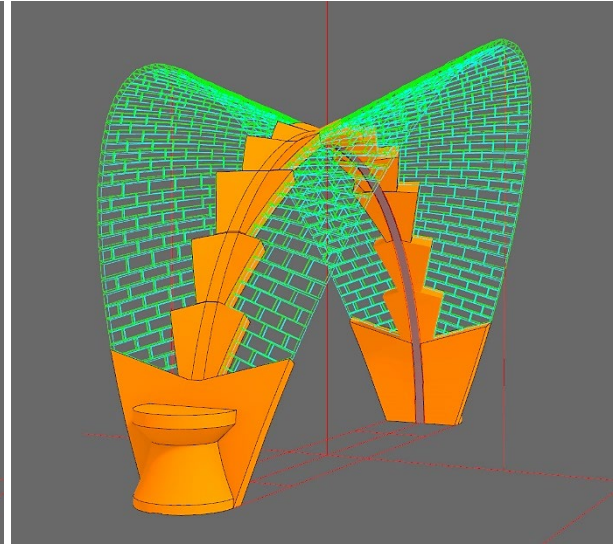
1^{ère} couche intrados + extrados



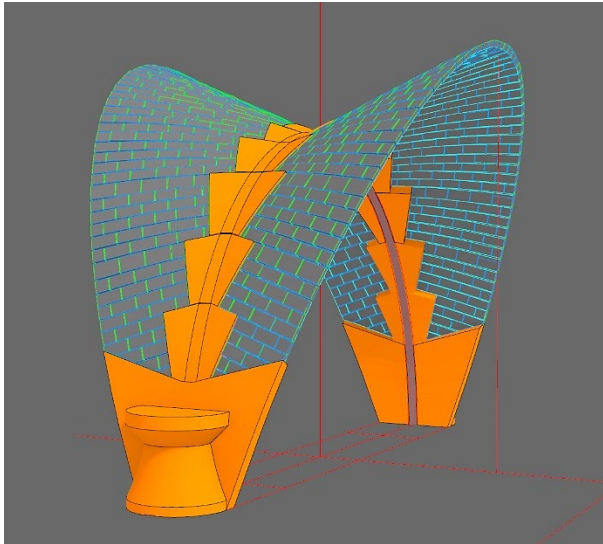
1^{ère} couche



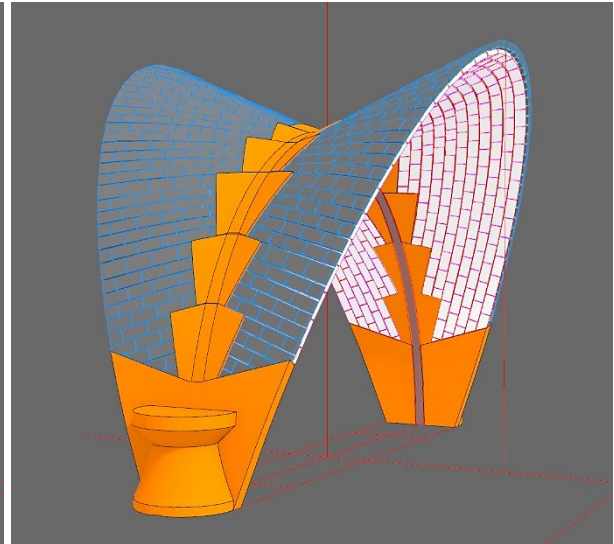
2^{ème} couche intrados



2^{ème} couche intrados + extrados



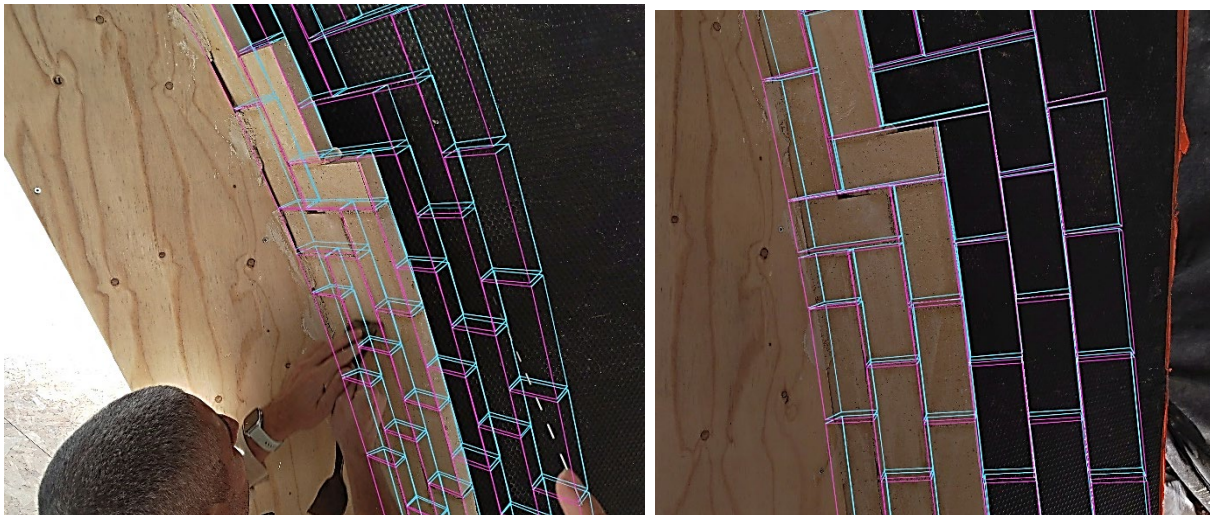
2^{ème} couche



Finale



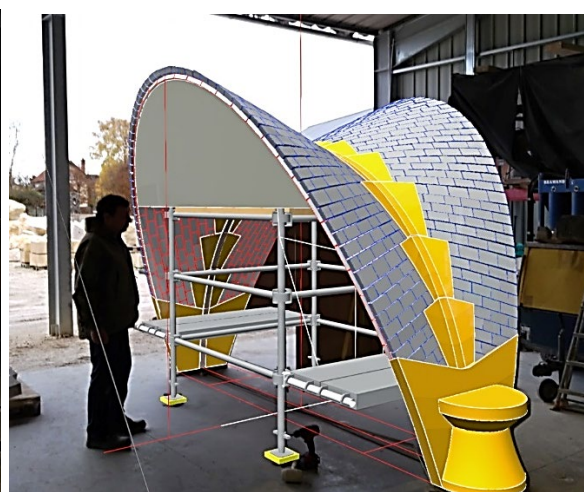
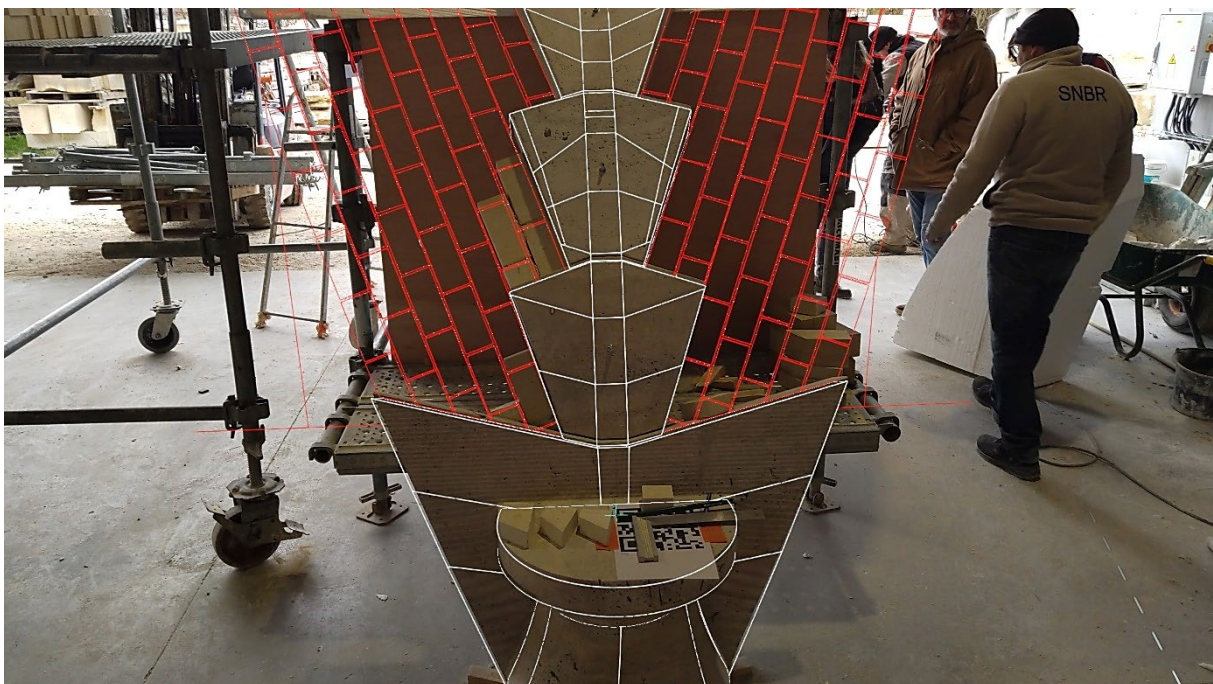
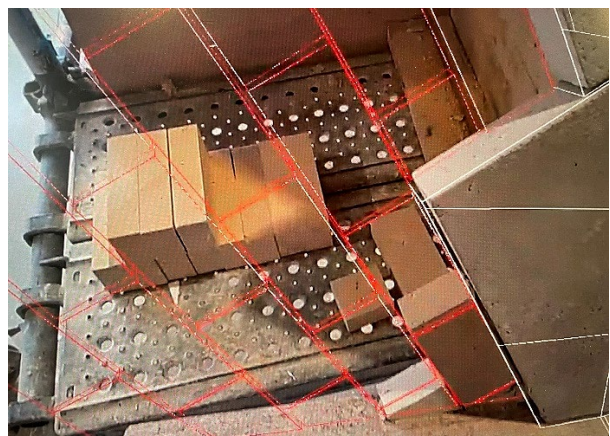
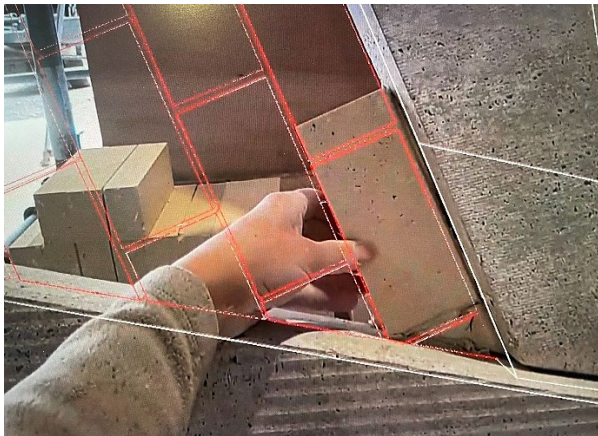
Vue des essais de maçonnerie via réalité mixte / HoloLens 2 (Microsoft)



Vue, en détail, du « stream » des calques projetés en réalité mixte



Vue des essais de maçonnerie via réalité mixte / HoloLens 2 (Microsoft)



Vues, en détail et générale, des calques projetés en réalité mixte

Résultats



Vue générale du stand SNBR au salon Rocalia 2023



Vue en détail du stand SNBR avec « stream » de la projection en réalité mixte



Vue en détail de l'intérieur de la voûte maçonnée (1^{ère} couche)



Vue générale de la voute maçonnée

Conclusions

Bien que l'application du procédé soit encadrée (et limitée) dans le contexte d'un salon et que, dans ce contexte, toutes les capacités de l'outil n'ont pas pu être mises à l'épreuve, il en ressort néanmoins certains points positifs à mettre en avant :

- L'outil, comme évoqué dans les objectifs de l'étude, permet la « création » d'un pont direct entre le technicien sur place et son bureau d'études. Ce dernier acquiert la capacité de voir ce que voit le maçon en direct et de cibler ainsi ses demandes puis d'en résoudre certaines à distance.
- Certes, ce procédé demande un surplus de travail en amont, pour ce qui est de la préparation des différents calques, ou la programmation de la scène. Mais cela, en plus d'être inversement proportionnel à la charge de travail retirée au personnel sur place (traçages, implantations, coffrages...), se voit absorbé dans le flux de traitement digital « normalisé » par les entreprises du secteur. En définitive, cela ne retire pas de charge de travail, mais réduit considérablement la pénibilité sur site en déplaçant une partie de cette charge vers les bureaux.
- L'outil permet en plus une connexion groupée entre toutes les parties intervenantes sur le chantier, sur un seul et même réseau. Ce qui permet un accès direct à l'information.

- Dans ce sens, le flux, ou le volume d'information émise à travers l'outil n'est limité que par la capacité du software utilisé.
- Ce nouvel outil à la disposition des bâtisseurs maçons, tailleurs de pierre, en chantier pourrait être susceptible de révolutionner et redéfinir l'approche de certains projets en simplifiant considérablement la mise en œuvre et ouvrir de nouvelles perspectives architecturales. Ce mode de maçonnerie, à travers les nouvelles technologies, peut, de plus, apporter une attractivité, une réponse à une jeunesse de plus en plus connectée.

Si les objectifs initialement posés peuvent être considérés comme atteints, l'étude laisse cependant place à certains points pouvant être améliorés par la suite. Même s'il est vrai que beaucoup de ces derniers sont relatifs au développement hardware et qu'ils seront très certainement résolus (en partie) au fil des prochaines générations :

- Afin que cela soit viable, toutes les parties intervenantes (architectes, bureau d'études, et tout le personnel sur place) doit être équipé.
- Le champ de vision reste assez limité.
- L'outil semble assez sensible aux conditions de chantier (intempéries, luminosité ambiante, présence de poussières ou risques de chocs).
- Durabilité de la batterie.

Finalement, et plus important, l'outil ne peut EN AUCUN CAS remplacer le savoir-faire des maçons, tailleurs de pierre, restaurateurs sur place. Cela reste un outil comme tant d'autres qui, certes, est susceptible d'apporter certains bénéfices, de diminuer certaines pénibilités, ou alors même d'apporter un atout commercial dans le sens où il peut représenter une forme de communication attractive. Mais la qualité d'un ouvrage est du avant tout au savoir-faire du technicien susceptible d'employer l'outil.

Pour finir, l'auteur, qui ne fait que relater une partie du travail effectué pour l'application de ce cas d'étude, souhaite remercier l'ensemble du personnel SNBR qui, à tous, donne vie à la Recherche et Développement au sein de l'entreprise.

Se porter vers l'avenir tout en sachant d'où l'on vient est, en définitive, la clé de l'évolution de nos métiers.