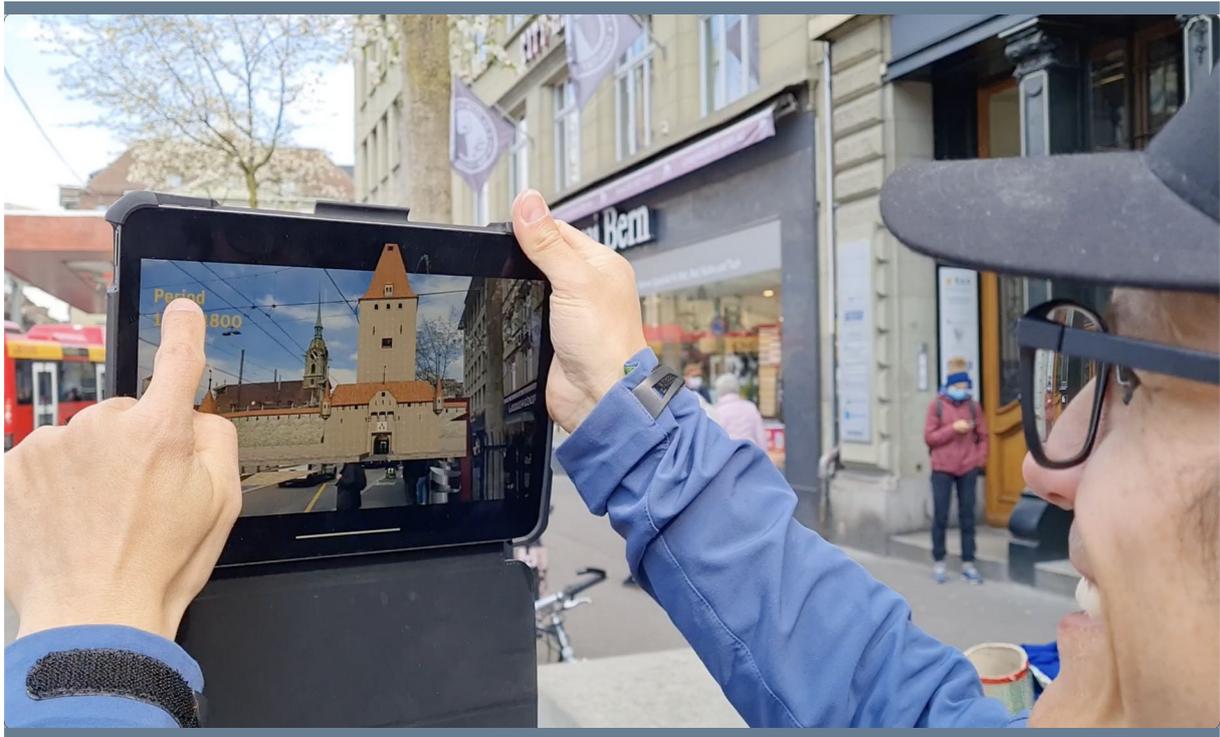


BFH-TI - Département Technique et informatique
HuCE - Institute of Human Centered Engineering
cpvrLab - Computer Perception and Virtual Reality Lab

Projet Erleb-AR: Rapport Final



Test AR réussi sur un iPad à Berne (photo de la [vidéo YouTube](#))

Auteur: Marcus Hudritsch
Traduction : Luc Girod

11. mai 2021

1 Introduction

Notre projet s'appelle Erleb-AR et a été approuvé par l'Office fédéral de la culture (BAK) le 3 décembre 2018 dans le cadre d'un appel d'offres dans le domaine de l'expérience du patrimoine culturel et financé à hauteur de 23'8000 CHF. L'étude de faisabilité *Christoffelturm*, qui a servi de base à la participation au concours, a été financée par la Fondation Hasler avec CHF 50'000 et le Fonds de loterie du canton de Berne avec CHF 7'410.

Le contenu du projet a été résumé dans l'application comme suit:

Le projet Erleb-AR de la BFH vise à faire vivre un patrimoine culturel qui n'existe plus avec la réalité augmentée (RA). À cette fin, une application pour appareils mobiles est en cours de développement avec laquelle les bâtiments qui ne sont plus visibles peuvent être fondus dans l'image vidéo dans une perspective précise. De cette manière, le patrimoine culturel peut être rendu visible et tangible à nouveau dans ses dimensions d'origine et son environnement d'origine.

Un prototype de la Bern Christoffelturm a été développé dans le cadre d'une étude de faisabilité. Ce processus doit maintenant être développé pour 4 sites en Suisse. Les emplacements appropriés pour l'application sont sélectionnés en collaboration avec l'Institut des sciences archéologiques de l'Université de Berne.

2 Statut

2.1 Statut Temporel

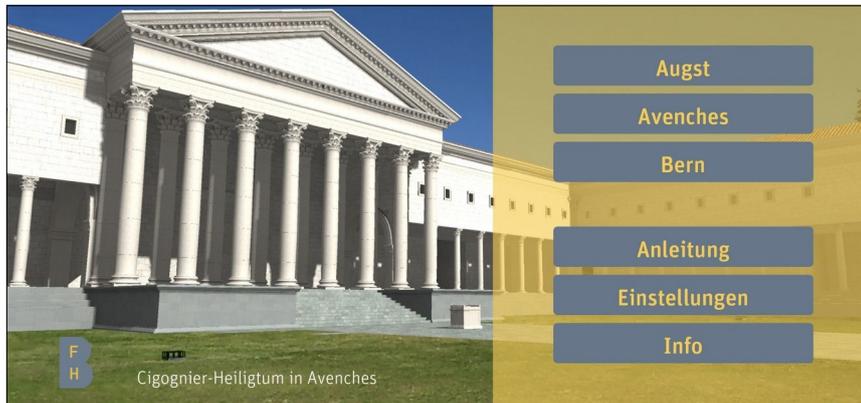
- Le travail de développement du projet est terminé.
- L'application Android est disponible sur le [Playstore Android](#) depuis début avril
- L'application iOS pour les appareils Apple est disponible dans [l'Appstore Apple](#) depuis le 6 mai
- Diverses dates d'entrevue sont toujours en attente et sont en préparation:
 - Présentation fermée le *29 mai à la Journée Vaudoises d'Archéologie*.
 - Présentation publique le *26 juin à l'Assemblée générale de l'Association Pro Aventico*.
 - Présentation publique à Berne à l'automne 2021 (date encore inconnue).
 - Présentation publique en août (date encore inconnue)
- Poursuite de la maintenance de l'application

Au départ, 12 mois étaient prévus pour le projet Erleb-AR. Cela devient maintenant un total de 22 mois (août 2019 - mai 2021). Les raisons du temps de développement presque deux fois plus long sont diverses et sont expliquées dans le résumé du projet.

2.2 Statut du Contenu

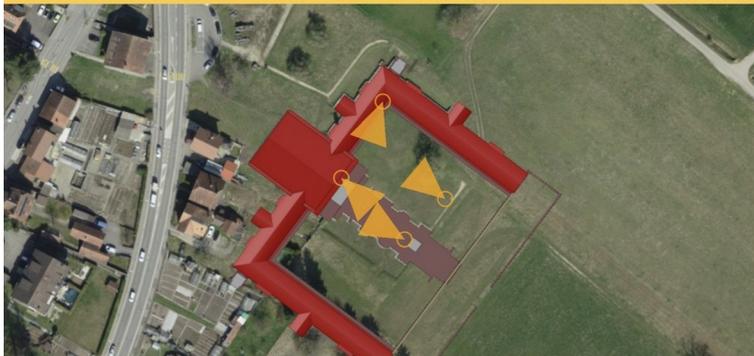
2.2.1 Produit: Erleb-AR App

- **Application gratuite** dans les boutiques d'applications: le résultat du projet est une application qui peut être téléchargée gratuitement à partir des magasins d'applications pour les appareils mobiles [Apple](#) et [Android](#).



- **Téléchargement supplémentaire** par emplacement: étant donné que les données des modèles auraient dépassé la taille maximale autorisée de l'application, elles doivent également être téléchargées par emplacement après l'installation. L'application peut ensuite être utilisée même si vous n'êtes pas à l'un des emplacements.
- **Application en trois langues**: l'application Erleb-AR a été traduite en anglais, allemand et français.
- **Instructions**: après l'installation de l'application, l'utilisateur est guidé à travers un petit manuel:
 - Instructions Image 1:

Die gelben Symbole zeigen Orte an, an denen Sie die App verwenden können. Sie müssen dasjenige anklicken, bei welchem Sie stehen.



○ Instructions Image 2:

Das blaue Symbol ist Ihre GPS-Position.



○ Instructions Image 3:

Die Orte, von denen Sie die Visualisierung starten können, befinden sich immer an gut wiedererkennbaren Stellen.



○ Instructions Image 4:

Sie müssen an genau diesem Punkt starten und in die selbe Richtung blicken, wie der Benutzer auf dem Bild.



○ Instructions Image 5:

Einige Bereiche verwenden Informationsfelder, um Ihren genauen Standort zu ermitteln. Für diese Standorte werden Sie aufgefordert, Ihr Telefon auf die Informationsanzeige zu richten.



- **Instructions Image 6:**

Sie können die Position des Modells mit dem Finger manuell korrigieren.



- **Anleitung Bild 7:**

Nach einem kurzen Moment erscheint das 3D Gebäude. Sie können das Gebäude aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Falls Ihr Telefon ARCore oder ARKit unterstützt, können Sie sich auch frei um das Gebäude bewegen.



- **Pages d'informations:** avant le début de l'augmentation du modèle, l'application affiche un texte d'informations sur l'objet respectif.

← Cigognier
→

Cigognier-Heiligtum

Das um 98 n. Chr. entstandene Cigognier-Heiligtum bildet mit dem ihm gegenüberliegenden Theater eine architektonische Einheit. Namengebend für das Heiligtum war die «Storchensäule», eine Kalksteinsäule, die seit der Antike stehen geblieben war und auf die Störche ihr Nest eingerichtet hatten. Es liegt südlich der Stadtquartiere in einem ehemals sumpfigen, trockengelegten Gebiet. In den Jahren 1938 bis 1940 fanden im Rahmen eines Arbeitslosenprojektes umfangreiche systematische Grabungen statt, bei denen die Reste des Heiligtums freigelegt wurden. Hier wurde auch im Jahr 1939 die berühmte Goldbüste des Kaisers Marc Aurel in einem Abwasserkanal entdeckt. Dieses imposante Bauwerk (ca. 107 x 77 m), dessen Grundriss ein in Rom von Kaiser Vespasian errichtetes Monument (Forum Pacis) zum Vorbild hat, besteht primär aus einer auf drei Seiten um einen 80 x 61 m grossen Hof gruppierten, Pi-förmigen Säulenhalle, in die ein leicht vorspringender Tempel eingebunden war, der im rückwärtigen Bereich um rund 20 m über die Mauerflucht ausgriff. Der Tempel erhob sich auf einem massiven Podium und erreichte mit seiner acht-säuligen Fassade eine Höhe von 20 m. Als Baumaterial für die sichtbaren Teile des Tempels und der Säulenhallen fand weisser, sehr dichter Urgonien-Kalkstein aus der Gegend von La Lance am Ufer des Neuenburgersees Verwendung. Eine 53 m lange, axial auf die Tempelfassade

- **Deux modes d'initialisation:** comme cela sera expliqué plus en détail dans la conclusion, la localisation initiale précise est le plus grand défi de l'Outdoor AR. Au début d'une augmentation, l'application doit savoir exactement où se trouve l'appareil mobile (± 20 cm) et dans quelle direction il regarde ($\pm 1^\circ$). Nous avons mis en place trois solutions pour cette tâche:
 - **Emplacement de la photo avec direction de la photo:** Vous pouvez voir où vous vous trouvez à peu près au point bleu (voir les instructions de la figure 2), qui montre la position GPS actuelle. Si vous cliquez sur l'un des triangles d'emplacement jaunes à proximité, vous obtenez une photo avec un utilisateur Erleb-AR photographié par derrière (voir les instructions dans la figure 3). Il se

trouve dans un endroit facilement reconnaissable et regarde dans la direction attendue pour une initialisation correcte (voir les instructions de la figure 4). La direction ne sera que approximativement correcte, c'est pourquoi l'utilisateur a la possibilité de faire pivoter le modèle horizontalement autour du point de vue pendant l'augmentation. Pour ce faire, il déplace son doigt horizontalement sur l'écran de l'appareil mobile.

- *Emplacement du marqueur avec direction du marqueur*: s'il est possible de créer un nuage de points à partir d'une image de marqueur, la position et l'orientation peuvent être précisément initialisées sur celle-ci. C'est actuellement le cas avec un panneau d'information à Augst et un au sanctuaire du Cigognier à Avenches (voir instructions Fig. 5). Il y a aussi un petit autocollant d'information sur ces panneaux, qui renvoie le visiteur à notre site Web. La page Web est également accessible en scannant le code QR affiché. Cette page donne de plus amples informations sur le projet Erleb-AR et l'application.



- *Localisation GPS avec direction de la boussole* (actuellement non active): Cette troisième méthode n'est actuellement pas active car la précision des capteurs GPS et de la boussole est parfois très imprécise. En plein air, les capteurs GPS atteignent au mieux une précision de 2 à 5 m. Les capteurs compas (*IMU - Inertial Measurement Unit*), dont la précision actuelle ne peut être connue, sont plus problématiques. Bien que ceux-ci soient souvent assez précis ($\pm 5^\circ$), ils peuvent aussi s'écarter fortement de la réalité. Pour augmenter la précision, ces capteurs doivent régulièrement passer par un processus d'étalonnage manuel (sous la forme d'un mouvement en huit). Fondamentalement, les capteurs de boussole ont le problème qu'ils réagissent de manière sensible à des champs magnétiques puissants ou à proximité de structure métallique. C'est particulièrement problématique à Berne sur la place de la Gare, où les lignes aériennes et les moteurs électriques des bus et des tramways génèrent de forts champs magnétiques.
- **Suivi continu**: une fois la localisation initiale effectuée, la position et l'orientation de l'appareil mobile sont déterminées par un framework AR (ARKit sur Apple et ARCore sur appareils Android). Vous pouvez vous déplacer librement après la localisation et l'augmentation est correctement suivie sur une certaine distance.
- **Expérience de réalité augmentée**: l'utilisation continue de la position et de l'orientation du suivi permet en fin de compte la superposition crédible des modèles d'expérience AR 3D sur la vidéo en direct. La position actuelle du soleil est adoptée dans les modèles augmentés. L'ombre des modèles 3D peut également tomber sur l'arrière-plan vidéo réel. Vous trouverez ci-dessous deux images de chacun des six objets avec et sans augmentation. La précision du suivi ne peut bien sûr être obtenue que dans l'application ou vu dans notre [vidéo sur YouTube](#).



Augst: Le temple Schönbühl sans et avec augmentation



Augst: Le théâtre sans et avec augmentation



Bern: Place de la station sans et avec augmentation de la tour Christoffel avant 1800



Avenches: Le sanctuaire Cigognier sans et avec augmentation



Avenches: L'amphithéâtre sans et avec augmentation

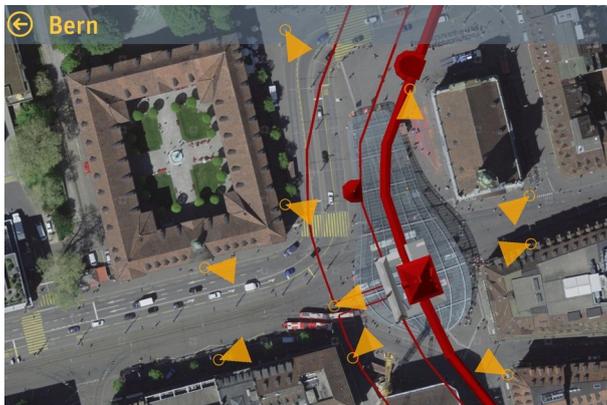


Avenches: Le théâtre sans et avec augmentation

2.2.2 Objets et Emplacements

Dans l'application du projet, 4 objets à 4 emplacements ont été promis. Cela a abouti à 6 objets à 3 emplacements.

- Christoffelturm à Berne à deux époques différentes avec 10 emplacements photo:



- Temple romain d'Augst avec un emplacements marqueurs et théâtre romain d'Augst avec 6 emplacements photo:



- Amphithéâtre romain à Avenches avec 7 emplacements photo:



- Sanctuaire romain de Cigognier à Avenches avec 4 emplacements photo et un emplacement de marqueur:



- Théâtre romain à Avenches avec 7 emplacements photo:



2.2.3 Page de Web pour le Projet

Les utilisateurs peuvent trouver toutes les informations dont ils ont besoin sur le projet en trois langues sur www.erleb-ar.ch. Les petits autocollants avec des codes QR renvoient à cette page:

Erleb-AR Télécharger Sites Le projet DE FR EN

Découvrez une partie du riche patrimoine culturel suisse tel qu'à son époque. Avec l'application Erleb-AR, vous pouvez explorer les colonies romaines d'Aventicum et Augusta Raurica et émerveillez-vous devant la tour Christoffel sur son site d'origine.

DISPONIBLE SUR Google Play

Télécharger dans l'App Store

Aventicum
 Dans cette ville fondée par les Helvètes, des parties de structures romaines sont encore visibles aujourd'hui - le théâtre, l'amphithéâtre ainsi que le sanctuaire du Cigognier. Grâce à Erleb-AR, ceux-ci peuvent maintenant être admirés dans leur gloire antique.

Augusta Raurica
 La ville coloniale romaine d'Augusta Raurica était une métropole commerciale florissante. Avec l'appli Erleb-AR, il est maintenant possible de voir la tribune du troisième théâtre, comme l'ont fait les Romains de l'Antiquité, ou pour flâner entre les piliers du temple sur la Colline de Schönbühl.

"Christoffelturm" à Berne
 Jusqu'au milieu du XIXe siècle, la tour Christoffel se tenait là où aujourd'hui se tient la verrière en forme de baldaquin de la gare de Berne. Avec l'app Erleb-AR la tour peut être vue sur son emplacement original.

Développement de l'app Erleb-AR
 L'application Erleb-AR a été développée par l'Institute for Human Centered Engineering HuCE au laboratoire de perception informatique et réalité virtuelle (cpvrlab) de la haute école spécialisée bernoise avec le support financier généreux de l'office fédéral de la culture OFC. Les détails techniques peuvent être vus sur la chaîne YouTube du cpvrlab et du site du projet de la BFH.

[Erleb-AR video en haute qualité sur YouTube](#)
[Erleb-AR playlist sur YouTube](#)
[Site du projet Erleb-AR de la haute école spécialisée bernoise](#)

Sponsors Principaux

Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra

SWISSLOS

Lotteriefonds
 Kanton Bern

Département fédéral de l'intérieur DFI
 Office fédéral de la culture OFC

Développé à la haute école spécialisée bernoise

Contact
 HuCE - cpvrlab
 Höhweg 80
 2502 Biel
marcus.hudritsch@bfh.ch

Links
[HuCE - cpvrlab](#)
[Office fédéral de la culture](#)
[Musée Augusta Raurica](#)
[Musée Avenches](#)
[Le Service archéologique de Berne](#)

Choisis comme projet pour "Patrimoine pour tous"

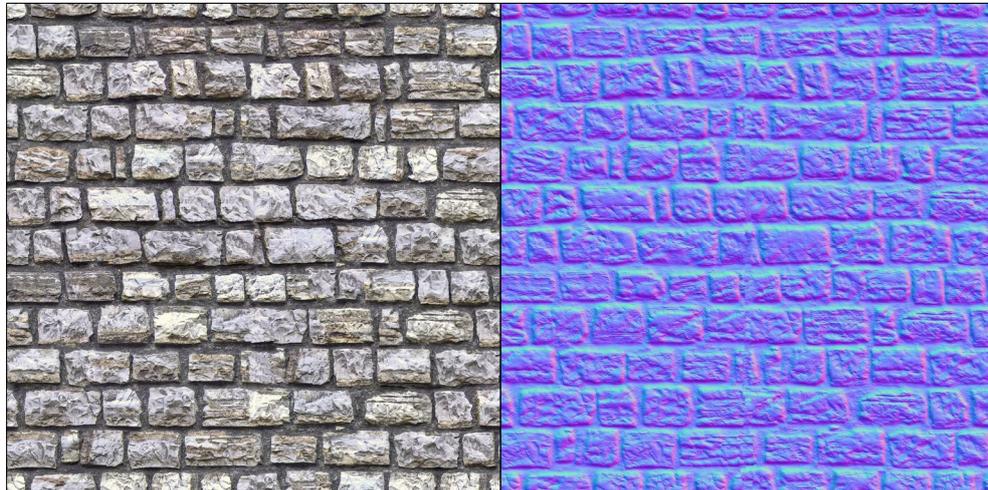
PATRIMOINEPOURTOUTS
 KULTURERBEFUERALLE
 PATRIMONIOPERTUTTI
 PARTECIPA! MACH MIT! PARTECIPA!

3 Conclusion

Comme déjà mentionné, le projet a pris beaucoup plus de temps que prévu initialement. Les raisons de ce retard sont résumées ci-dessous:

- **L'approche d'origine était une impasse:** pendant près d'un an, nous avons suivi notre approche d'origine pour une localisation initiale et le suivi continu à l'aide d'un grand nuage de points. En utilisant de nombreuses vidéos d'un seul endroit, nous avons construit un grand nuage de points, ce qui nous a permis d'être indépendant des capteurs GPS et IMU notoirement inexacts.
 - **Une solution à 70% ne suffit pas pour un produit utilisable:** Dans de nombreux tests notre solution fonctionne dans environ 70% des cas. La localisation initiale a souvent échoué, spécialement quand il fait beau lorsque les conditions d'ombre sont changeantes dans la journée. Un projet de recherche peut être complété avec un résultat de 70%, mais pas un projet grand public.
 - **La sortie de l'impasse:** à l'été 2020, nous avons donc dû tirer le frein d'urgence et chercher une solution alternative. Le salut pour notre projet a été les deux frameworks AR d'Apple et d'Android, avec lesquels il est possible d'implémenter le suivi local après une courte phase d'initialisation. Pour l'étape nécessaire de localisation, nous sommes revenus à l'idée d'utiliser un marqueur ou un emplacement localement facilement identifiable (voir instructions). C'était notre première proposition de solution dans une offre pour le projet Christoffelturm à partir de 2015!
- **Un produit grand public n'est pas un travail de recherche:** nous avons l'habitude de clôturer des projets de R&D (recherche appliquée et développement) avec un rapport et un prototype fonctionnel. L'effort pour développer cette dernière en une application parfaitement fonctionnelle et accessible au public a été clairement sous-estimé.
- **Augmentation de l'effort de communication:** la RA et la RV sont difficiles à expliquer si vous ne pouvez pas l'essayer. Afin de communiquer l'état d'avancement du projet à nos clients et à toutes les parties prenantes impliquées, nous avons dû produire des vidéos élaborées.
- **Publication de l'application dans l'Appstore (Apple) et le Playstore (Android):** le temps nécessaire pour publier l'application dans les stores Apple et Android a été sous-estimé. Chez Apple en particulier, il faut beaucoup de communications et de temps pour les petits ajustements. Par exemple, Apple exige la preuve que l'application fait vraiment ce que nous expliquons. Étant donné qu'Apple ne peut pas essayer l'application en direct sur les sites Erleb-AR, nous avons dû créer une vidéo montrant un utilisateur utilisant avec succès l'application Erleb-AR sur un appareil Apple.
- **La préparation et la représentation du modèle 3D** ont été plus complexes que prévus: Vous pouvez voir l'état des modèles dans une [vidéo sur YouTube](#).
 - **Préparation du modèle:** Un grand coup de chance dans ce projet a été la généreuse volonté de M. Hufschmid et M. Reymond de nous fournir leurs modèles 3D archéologiques des théâtres et des temples d'Augst et d'Avenches. Lors de la soumission du projet, nous n'avions que la maquette de la tour Christoffel de M. Bärswyl du service archéologique du canton de Berne comme référence. Les maquettes des fascinants bâtiments romains ont fait battre mon cœur d'architecte plus rapidement d'une part, mais ont également mis les appareils mobiles à genoux lorsqu'ils étaient rendus à l'écran. Le niveau de détail d'une colonne du temple de Schönbühl à Augst est à peu près aussi grand que l'ensemble du modèle de la tour Christoffel. Les modèles romains ont été simplifiés en plusieurs étapes, si possible sans réduire le niveau de détail. Dans le processus, cependant, des sous-structures intéressantes ont été supprimées qui ne sont plus visibles dans le modèle fini pour la RA. L'idée d'un projet de suivi pour la réalité virtuelle est née relativement rapidement au cours de ce processus. Le potentiel de représentation de ces bâtiments imposants est loin d'être épuisé.

- **Représentation du modèle:**
 - **Texturation:** tous les modèles ont dû être retexturés parce qu'ils n'avaient aucune texture ou que la résolution était trop faible pour qu'ils puissent être vus de près. Toutes les textures doivent être parfaitement homogènes pour être faciles à répéter. Vous avez également besoin d'une carte dite normale pour un effet 3D impressionnant. Après les premiers tests sur les appareils mobiles, toutes les textures ont dû être retravaillées (redimensionnées) en raison de problèmes de mémoire.



Ci-dessus à gauche: La texture *MedievalStoneWall* avec sa carte normale à droite. Cela inclut leur application dans le théâtre Augst. En particulier, obtenir un modèle d'articulation raisonnablement correct est similaire à faire un travail sur Sisyphe.

- **Propre moteur de rendu:** Une visualisation 3D «live» est normalement implémentée avec un moteur de jeu commercial (par exemple avec Unity3D ou Unreal Engine) ou votre propre moteur de rendu. Nous avons opté pour ce dernier car d'une part nous avons déjà notre propre moteur open source (SL-Project) et d'autre part parce que nous serions libres de mettre notre projet à disposition du grand public dans le futur en tant que projet open source. Il n'y a donc pas d'obligation de licence externe dans l'application Erleb-AR et tous les composants utilisés sont disponibles gratuitement. Pour le moment, cependant, le code source de l'application Erleb-AR est géré en interne de manière protégée au BFH. Cela inclut également les données du modèle.
- **Nous avons pu étendre notre moteur** avec plusieurs thèses de licence variables d'étudiants engagés. Cela inclut le calcul et l'affichage des ombres en «temps réel» (diplômé BFH Michael Schertenleib), ce qui nous permet de projeter correctement les ombres des bâtiments en fonction de la date et de l'heure du jour sur les surfaces virtuelles et réelles de la vidéo..
- **Bureau à domicile dans l'année Corona:** Bien entendu, la crise Corona ne peut pas non plus passer inaperçue dans notre projet. Bien qu'en tant qu'informaticiens, nous soyons habitués à la communication numérique et que nous ayons mis en

œuvre le passage au bureau à domicile d'une semaine à l'autre, la communication en équipe a souffert sur le long terme. C'est surtout le manque de petite communication «intermédiaire» qui a conduit à plus de dissonances et d'inefficacités. L'absence de potins sur le café et l'absence de bruits de fond rendent le suivi du pouls plus difficile.

Malgré toutes les difficultés, nous n'avons jamais douté de l'objectif réel du projet, être en mesure de donner aux visiteurs des lieux une meilleure vue de notre patrimoine culturel fascinant avec notre application Erleb-AR.

Les premières réactions et demandes très positives quant à savoir si cette application ne pouvait pas également être utilisée ailleurs montrent que nous n'avons pas manqué la cible.