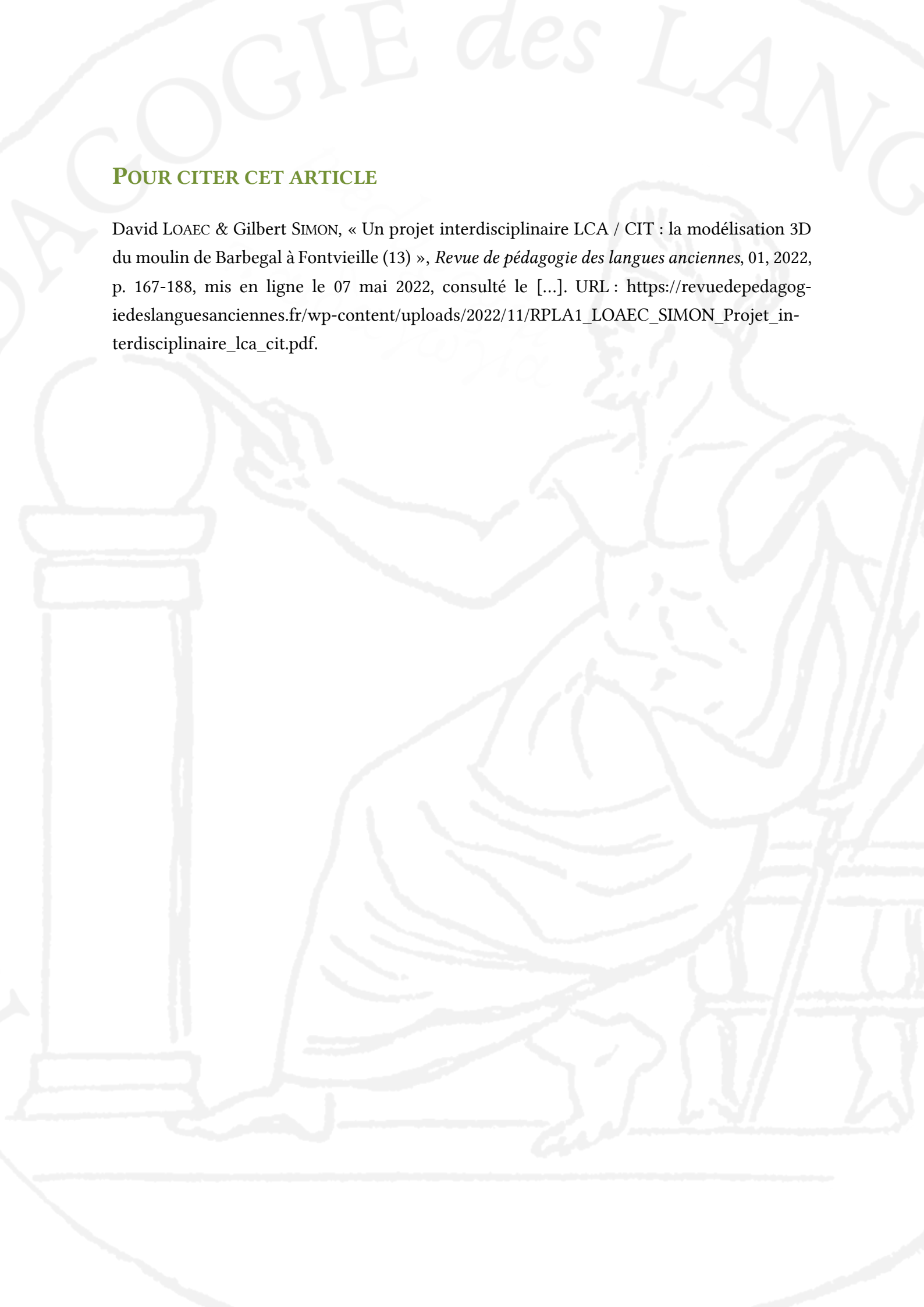


## POUR CITER CET ARTICLE

David LOAEC & Gilbert SIMON, « Un projet interdisciplinaire LCA / CIT : la modélisation 3D du moulin de Barbegal à Fontvieille (13) », *Revue de pédagogie des langues anciennes*, 01, 2022, p. 167-188, mis en ligne le 07 mai 2022, consulté le [...]. URL : [https://revuedepedagogiedeslanguesanciennes.fr/wp-content/uploads/2022/11/RPLA1\\_LOAEC\\_SIMON\\_Projet\\_interdisciplinaire\\_lca\\_cit.pdf](https://revuedepedagogiedeslanguesanciennes.fr/wp-content/uploads/2022/11/RPLA1_LOAEC_SIMON_Projet_interdisciplinaire_lca_cit.pdf).





## UN PROJET INTERDISCIPLINAIRE LCA / CIT : LA MODÉLISATION 3D DU MOULIN DE BARBEGAL À FONTVIEILLE (13)

David LOAEC,  
Lycée de l'Élorn, Landerneau

Gilbert SIMON,  
Lycée de l'Élorn, Landerneau

### Résumé :

*Cet article présente les étapes qui mènent, grâce à une collaboration interdisciplinaire entre les Langues et Cultures de l'Antiquité (LCA) et l'enseignement de Création et Innovation Technologiques (CIT), à la modélisation d'un site archéologique romain peu médiatisé : les moulins de Barbegal, situés à quelques kilomètres d'Arles. Fondé sur la collaboration entre deux disciplines, technique et générale, le projet met en activité les élèves des deux sections dans le but de réaliser une maquette virtuelle en 3D. Les élèves de LCA s'occupent des éléments géographiques, historiques, archéologiques et architecturaux, qui permettent à ceux de CIT d'élaborer la maquette. Le travail entre les deux groupes se fait sous forme de mini-conférences, qui assurent une circulation efficace des informations. Le résultat, une maquette visitable de grande qualité, montre que les élèves s'approprient le matériel scientifique, et savent rendre visible un patrimoine antique arasé par le temps. Ils se sont en outre rendu compte de la somme de travail nécessaire à ce type de réalisation.*

Les nouveaux programmes de LCA au lycée intègrent l'objet d'étude « Méditerranée », qui traite de thèmes allant de la géographie générale aux échanges internationaux en passant par les conflits majeurs opposant Rome à ses rivaux. En Terminale, l'étude s'infléchit quelque peu pour faire la part belle à l'archéologie sous l'entrée « Présence des mondes antiques / grands sites archéologiques », qu'il est possible de croiser avec l'entrée « Inventer, créer, fabriquer, produire : Grandes réalisations techniques ». En effet, certains sites romains,

comme ceux de Provence, se prêtent à merveille à ce genre de perspective. Autour d'Arles notamment se trouve un terrain favorable à l'étude en contexte des moulins hydrauliques de Barbegal, à Fontvieille, de leur structure, de leur architecture ou de leurs relations avec la ville voisine. Il s'agit d'un établissement proto-industriel construit à flanc de colline, sous la forme de seize chambres de mouture réparties en cascade sur sept étages, symétriquement par rapport à un escalier central, et alimentées par un aqueduc qui lui est dédié. L'eau apportée par une canalisation creusée directement dans la roche coule de part et d'autre des chambres de mouture, faisant tourner sur son parcours seize roues à augets avant d'être évacuée par deux égouts souterrains<sup>1</sup>. La farine ainsi obtenue est destinée à nourrir l'agglomération d'Arles, à environ 10 km du site, qui fonctionne vraisemblablement entre les règnes de Trajan et de Constantin<sup>2</sup>. D'un point de vue interdisciplinaire, les ruines de Barbegal à Fontvieille, pour lisibles qu'elles soient sur place ou sur photographie, n'offrent pas directement à l'esprit une image concrète, qu'il faut donc faire surgir via le travail interdisciplinaire des élèves, en les mettant tour à tour à la place de l'archéologue, de l'architecte et du médiateur culturel.

## 1. LE CADRE DU PROJET

Mis en place au lycée de l'Élorn, à Landerneau, durant l'année scolaire 2015-2016, ce projet a concerné un groupe d'une vingtaine d'élèves de Seconde LCA-Latin et deux groupes à peu près identiques de Création et Innovation Technologiques (CIT). Le lycée de l'Élorn est un établissement composé d'un lycée général et technologique, et d'une section professionnelle, qui regroupent en tout environ 1500 élèves. L'objectif était au départ de motiver les latinistes et de leur offrir l'occasion de réfléchir aux aspects techniques de la civilisation romaine, domaine souvent peu représenté dans les études de Lettres classiques, orientées principalement vers des considérations littéraires et linguistiques. Cependant, la redéfinition de l'« option latin » en « Langue et Culture de l'Antiquité » a rendu possible son ouverture vers des représentations plus techniques. Il s'agissait aussi de proposer à des élèves intéressés par le Latin plus dans sa dimension historique et technique que linguistique et littéraire, des projets plus proches de leurs ambitions professionnelles et de ce à quoi les porte leur curiosité naturelle. En effet, une grande proportion des latinistes en lycée sont de futurs scientifiques

<sup>1</sup> LEVEAU Philippe, WALSH Kevin, BERTUCCHI Guy, BRUNETON Hélène, BOST Jean-Pierre & TREMMEL B., « Le troisième siècle dans la Vallée des Baux : les fouilles de la partie basse et de l'émissaire oriental des moulins de Barbegal », *Revue archéologique de Narbonnaise*, tome 33, 2000, p. 393.

<sup>2</sup> LEVEAU Philippe, « Les moulins de Barbegal, les ponts-aqueducs du vallon des Arcs et l'histoire naturelle de la vallée des Baux (bilan de six ans de fouilles programmées) », *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 139<sup>e</sup> année, n°1, 1995, p. 138-139.

et techniciens : il faut donc leur proposer des parcours qui soient à la croisée des mondes antiques et de la propédeutique aux études auxquelles ils se destinent. C'est pourquoi il semble essentiel de structurer les années de Première et de Terminale autour de projets interdisciplinaires touchant les domaines d'étude les plus fréquents auxquels ils se destinent, de sorte qu'ils se trouvent en position d'expérimenter de façon pratique les apports de l'Antiquité aux disciplines qu'ils rencontreront par la suite : droit, physique et mathématiques, sciences de la vie et de la terre, génie civil, ingénierie générale...

Côté CIT, les collègues étaient en demande de projets qui puissent ouvrir leurs élèves sur des représentations plus variées et surprenantes que les réalisations modernes, et qui puissent également déboucher sur une pratique aussi réflexive qu'enrichissante des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC), tout en y incluant un échange qui brise l'isolement relatif des disciplines, parfois vécues dans un strict cloisonnement. À l'époque de la mise en place de ce travail, les CIT faisaient partie depuis 2011 des « enseignements d'exploration », au même titre que les LCA d'ailleurs, à côté de l'option. Les enseignants y proposent des projets de pure création ou bien répondant à des besoins techniques, et qui utilisent les outils technologiques les plus en pointe : découpeuses laser, imprimantes 3D, logiciels de CAO (Création Assistée par Ordinateur, comme Sketchup, développé à l'origine par Google, ou Solidworks, logiciel dépendant de Dassault Systèmes). Une consigne typique de Création et Innovation Technologiques pourrait être la suivante : « concevoir une lampe comme un designer sur Solidworks », c'est-à-dire à partir d'une modélisation 3D d'un objet suivant des formes géométriques simples qui, imbriquées et disposées d'une façon esthétique et pratique, produisent un objet élégant et utile.

Les élèves impliqués dans cet enseignement avaient donc l'occasion de manipuler des outils modernes, de se les approprier autant que possible pendant l'heure et demie hebdomadaire consacrée aux CIT, et de se mettre dans la peau d'un designer ou d'un ingénieur, par exemple. À l'heure actuelle, depuis la réforme du lycée de 2019, la CIT est couplée avec les Sciences de l'Ingénieur (SI) pour former un enseignement optionnel uniquement accessible en classe de Seconde. Cette option se trouve majoritairement dans les lycées qui disposent de séries technologiques et d'une spécialité orientée SI, comme la filière STI2D (Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable). Cependant, la pédagogie de projet permet la mutualisation de ressources en réseau dans un bassin d'éducation, et il n'est pas difficile de concevoir un échange de lycée général à lycée technologique, si les deux entités sont séparées. Par mail, par visioconférence, en présentiel pour la transmission des conclusions, les solutions sont nombreuses.

Le projet Barbegal fournissait donc un point de départ idéal. Non seulement les élèves de LCA et de CIT pourraient partager leurs expériences en tant que concepteurs et réalisateurs, mais pourraient se mettre en position active face à un problème à résoudre. Cela entre par conséquent dans les modalités de l'enseignement par projet, fondement de la pédagogie actionnelle<sup>3</sup>, que l'on retrouve notamment en Langues Vivantes, où chaque séquence se termine par une tâche finale : en l'occurrence, construire une maquette virtuelle visitable en trois dimensions.

## 2. MODALITÉS

Le projet s'est déroulé en plusieurs étapes, réparties tour à tour entre LCA et CIT, de façon à ce que les élèves fassent par eux-mêmes des recherches dans une bibliographie adaptée, et présentent leur travail au deuxième groupe sous forme d'exposés suivis de questions. Engagé après les vacances de fin d'année 2015, il s'est déroulé jusqu'aux vacances de printemps 2016, dans le but de présenter un « produit fini » acceptable aux journées portes ouvertes du lycée. Cependant, dans les faits, il a fallu prolonger presque jusqu'en juin pour que tous les éléments demandés dans le projet soient bien en place, à raison d'une heure par semaine en LCA, sur les trois de l'horaire normal, et d'une heure et demie par semaine en CIT, c'est-à-dire l'horaire complet alloué à cet enseignement d'exploration.

### Étape 1 : contextualisation du site

Il s'agissait dès le départ de contextualiser le site dans son environnement géographique et historique, afin de permettre une visualisation du paysage dans lequel devait s'inscrire le moulin, et une compréhension globale de ses interactions avec la ville d'Arles. Les élèves de LCA ont pour ce faire produit une série d'exposés sur les thèmes suivants :

- 1 – Les techniques de l'archéologie
- 2 – Arles dans l'Antiquité
- 3 – La force hydraulique dans l'Antiquité
- 4 – Le site de la meunerie antique de Barbegal
- 5 – Les hypothèses d'élévation du site
- 6 – L'aspect des bâtiments

---

<sup>3</sup> PROULX Jean, *Apprentissage par projet*, Québec, Presses universitaires de Québec, 2004.

Ces exposés présentaient un empan intéressant dans la mesure où ils abordaient non seulement le contexte historique et géographique du bâtiment à restituer, mais mettaient aussi en place des connaissances archéologiques mises à jour et susceptibles de renseigner les élèves sur une éventuelle filière « Histoire de l'art et Archéologie » dont la représentation la plus proche de Landerneau se trouve à Quimper. Ils permettaient de faire travailler tous les profils d'élèves sans distribuer de tâches redondantes : puisque la reconstitution des plans ne nécessitait pas énormément de travail, puisque les chambres de meunerie adoptaient plus ou moins le même modèle malgré leur nombre, on ne pouvait pas faire travailler tous les groupes sur cet aspect, même si chaque exposé donnait lieu à une réception critique de la part des élèves, et parfois à une refonte partielle des éléments proposés.

Les groupes ont ensuite été répartis selon les souhaits d'orientation post-bac des élèves et leurs affinités particulières, certains préférant se projeter dans un rôle d'architecte (exposé n°5), d'autres d'archéologue (n°1), d'historien (n°2), d'ingénieur (n°3). Les linguistes et les littéraires n'ont eu aucun mal à s'inscrire dans la démarche, d'autant qu'elle complétait les textes et documents étudiés dans l'année. Par ailleurs, la singularité du projet, l'inclusion des TICE et la sensation de sortir d'un enseignement de LCA fondé sur une dualité grammaire-traduction menaient les élèves à s'impliquer fortement.

Chaque groupe disposait par ailleurs d'une série de documents triés par les professeurs et mis à leur disposition : clichés du site, relevés topographiques, magazines, ainsi qu'un accès libre à internet en salle informatique. En plus de ces documents textuels et iconographiques, ils se sont vu remettre un « conducteur » d'exposé où se trouvait résumé un cahier des charges de ce type<sup>4</sup> :

**Ce que l'exposé « Techniques de l'archéologie » doit contenir :**

- Une définition de l'archéologie.
- Une présentation des circonstances où on l'utilise.
- Une présentation des différents problèmes à résoudre par l'archéologie.
- Une explication des techniques de terrain de l'archéologie.
- Une explication des techniques utilisées pour résoudre les problèmes posés.

Le groupe « Techniques de l'archéologie » disposait donc comme les autres d'un accès à internet, et de ressources documentaires spécifiques, en l'occurrence deux magazines spécialisés : le numéro 27 d'*Archéothéma* intitulé « Police scientifique et archéologie »<sup>5</sup> et le

<sup>4</sup> Pour les autres exposés, se reporter à l'annexe 1 (p. 185).

<sup>5</sup> COLLECTIF, « Les métiers de l'archéologie » (2012, juin-juillet), *Archéothéma, histoire et archéologie*, HS n°05 (numéro spécial), Chaponnay, Archéodunum, p. 4-64.

hors-série n°5 d'*Archéothéma* intitulé « Les métiers de l'archéologie »<sup>6</sup>, dans lesquels ils pouvaient puiser à la fois les connaissances techniques et les illustrations qu'ils pourraient juger pertinentes pour comprendre et expliquer comment fonctionne, d'une façon générale, le monde de l'archéologie. Les ressources en ligne pointaient aussi vers le site de l'INRAP<sup>7</sup>, très facile d'usage, et qui résume de façon accessible à la fois l'histoire de l'archéologie et ses méthodes. Ainsi, ils étaient armés pour entreprendre la première phase de recherche.

Cette phase de recherche a fini par déboucher sur des exposés d'abord rôdés en classe de LCA, puis transmis au groupe de CIT sous forme de mini-conférences. Le recours aux images ainsi que les explications succinctes mais précises des élèves ont permis au groupe d'informaticiens en herbe de s'appuyer sur des éléments concrets. Bien évidemment, les sources données aux élèves tant de LCA que de CIT ne devaient pas inclure de précédentes réalisations de maquettes physiques, dessinées ou en 3D, que l'on peut trouver au musée d'Arles ou dans un article de *Scientific American*<sup>8</sup> : il avait donc été nécessaire de sélectionner une sitographie érudant ces éléments pour ne pas polluer les représentations auxquelles pouvaient penser les participants au projet.

## Étape 2 : reconstitution en cours de LCA

Les groupes de LCA chargés de reconstituer le paysage du site de Barbegal et de formuler des hypothèses d'élévation ont dû travailler sur des relevés simplifiés et des schémas muets afin qu'ils fassent l'effort de se projeter eux-mêmes dans le rôle d'ingénieur et d'architecte. Leur ont donc été fournis une version adaptée et simplifiée de l'article fondateur de Fernand Benoît<sup>9</sup>, de même que les schémas des sommes rédigées par Philippe Leveau<sup>10</sup>, ainsi qu'une partie des schémas parus dans *Scientific American* (une coupe de la pente, un schéma des roues des moulins). Ces sources ont été dénichées un peu partout en ligne, notamment sur les agrégateurs de publications scientifiques *Persee.fr*, ou *Jstor.org*, qui constituent des mines d'or : l'article de F. Benoît par exemple, très ancien, est très difficile à trouver en version papier, mais se trouve sur *Jstor.org*, à condition de créer un compte. Le site *Traianvs.net* est également précieux car il regroupe beaucoup de publications sur l'archéologie et la

<sup>6</sup> COLLECTIF, « Police scientifique et archéologie » (2012, mars-avril) (dossier), *Archéothéma, histoire et archéologie*, n°27, Chaponnay, Archéodunum, 103 pages.

<sup>7</sup> <https://www.inrap.fr>

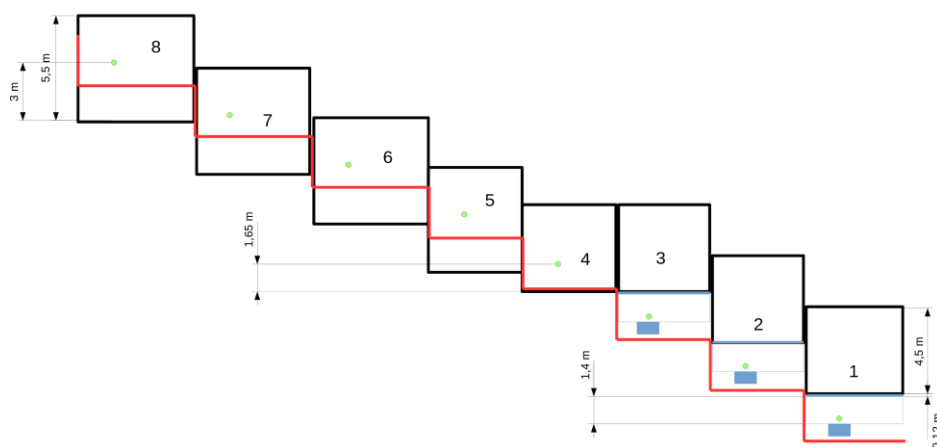
<sup>8</sup> TREVOR HODGE Alfred, « A Roman factory », *Scientific American*, vol. 263, no 5, 1990, p. 58-64.

<sup>9</sup> BENOÎT Fernand, « L'usine de meunerie hydraulique de Barbegal (Arles) », *Revue Archéologique*, sixième série 15.1, 1940, p. 19-80.

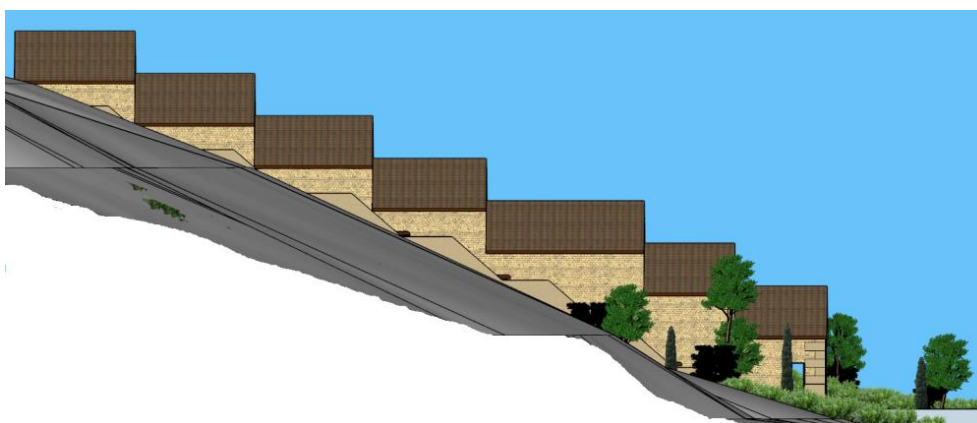
<sup>10</sup> LEVEAU Philippe, « Les moulins de Barbegal 1986-2006 », dans J.-P. BRUN et J.-L. FICHES (éd.), *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, Naples, Publications du Centre Jean Bérard, 2007, p. 185-199.

technologie romaines, notamment l'usage de la force hydraulique. Enfin, le site *OpenE-ditions.org* propose de lire beaucoup d'articles scientifiques en ligne, et parfois d'en télécharger des versions pdf.

Les schémas produits à la suite par les élèves sur LibreOffice Draw, de grande qualité, permettaient de reconstituer chaque étage avec précision, c'est-à-dire chaque paire symétrique de chambres de meunerie (**Figure 1**). Les autres groupes, une fois leur tâche terminée, ont pu participer à la reconstitution des étages qui n'avaient pas encore été traités, et de l'escalier central, et donc ainsi pleinement s'impliquer dans le projet.



**Figure 1** : Représentation de l'élévation latérale de la meunerie. Les trois premières chambres, à gauche, disposent d'un sous-sol où est installée la meule. Les trous de passage de l'axe de transmission sont figurés par des pastilles bleues.  
Crédit : David Loaec (licence Creative Commons : CC0).



**Figure 2** : Le groupe de CIT utilise le plan d'élévation latérale pour créer les chambres et les positionner sur une pente virtuelle. La vue présente l'aspect final, avec les roues et le mur extérieur en place.  
Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).

Un débat a particulièrement animé les séances programmées à raison d'une heure par semaine sur trois mois environ, puisque les plans au sol et les restes d'élévation montraient des éléments intéressants, mais ne donnaient aucun indice sur lequel s'appuyer pour estimer



la hauteur des bâtiments. L'ingéniosité de la classe en tant que collectif a su proposer une solution : exploitant la hauteur de la roue, celle de son axe (donnée par les orifices encore en place sur les murs en ruine) et la hauteur totale de la meule, ils ont proposé d'estimer la hauteur sous toiture d'après la taille des hommes de l'époque. En effet, selon leur hypothèse, pour pouvoir soigneusement entretenir le mécanisme, les ouvriers devaient pouvoir se tenir debout au-dessus de lui. Il suffisait donc de calculer une hauteur comprenant le mécanisme, un homme debout ainsi qu'un dégagement confortable, mais qui ne soit pas excessif, au-dessus de lui. De cette manière, le groupe a évité une décision arbitraire qui aurait attribué une hauteur fantaisiste au bâtiment. D'autres ont pensé qu'il fallait calculer les hauteurs non seulement en fonction de l'entretien et de la taille des esclaves ou des ouvriers, mais aussi en fonction du coût de revient du bâtiment. Les formes, hauteurs et dimensions des fenêtres ont quant à elles reposé sur la nécessité de ventiler les locaux et de les illuminer sans nuire au travail par une prise excessive au vent ou à la pluie. Cet aspect a par ailleurs été le prétexte à des recherches sur la volatilité de la farine de blé et le phénomène d'explosion de poussières<sup>11</sup>, notamment les particules de blé en suspension dans les minoteries.

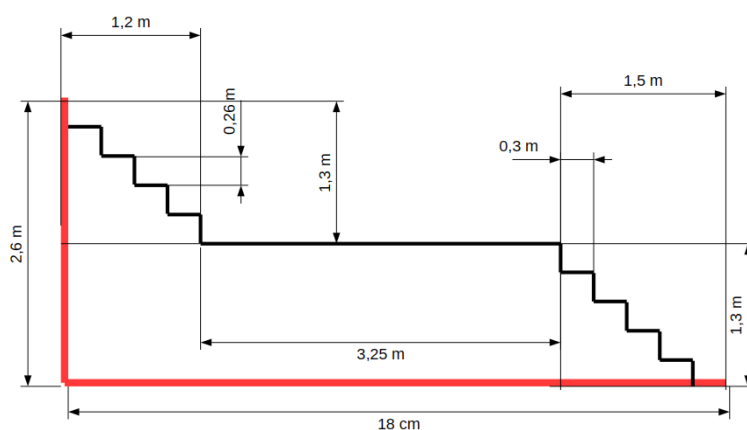
Concrètement, voici deux autres exemples de documents produits en classe à partir de sources scientifiques, qui permettent de mieux comprendre la démarche appliquée en LCA. La **Figure 3** montre comment les élèves ont réussi à conceptualiser et à réaliser un modèle d'escalier de service à partir de photographies du site. En rouge est figuré le bief, c'est-à-dire le bassin où se trouve plongée la roue à augets. Les dimensions sont accessibles sur les plans au sol et les estimations données dans la littérature scientifique. L'escalier de service, qui permettait l'entretien des roues, est représenté en noir : il est constitué de deux volées de marches encadrant un palier où reposait une semelle, qui supportait l'axe de la roue. Cet escalier de service longeait le bief à l'extérieur des chambres de mouture. Les dimensions sont tirées de la partie suivante de l'article de F. Benoît<sup>12</sup> :

« La hauteur de chute (2 m 60) est constante ainsi que la largeur (2 m 20) ; chaque coursier est recoupé dans le sens longitudinal, par une banquette de circulation, avec escalier de communication adossé au mur goutterot, qui formait un dégagement latéral du haut en bas de la fabrique : le coursier proprement dit n'a donc que 1 m 10 de largeur sur 2 m 60 de hauteur. La longueur des biefs, par contre, est variable selon les étages, cette différence étant destinée à procurer une plus grande longueur aux chambres de meunerie supérieures : le bief inférieur qui sert également à l'évacuation de l'eau, a une longueur de 5 m 20 ; les suivants (n° 2, 3, 4 et 5) mesurent uniformément 4 m 75, tandis que le 6<sup>ème</sup> atteint 6 mètres. »

<sup>11</sup> JANÈS Agnès & CHAINEAUX Jacques, « Explosions de poussières dans les lieux de travail, recensement et analyse », *Hygiène et sécurité au travail*, INRS, Paris, 2010, p. 3-13.

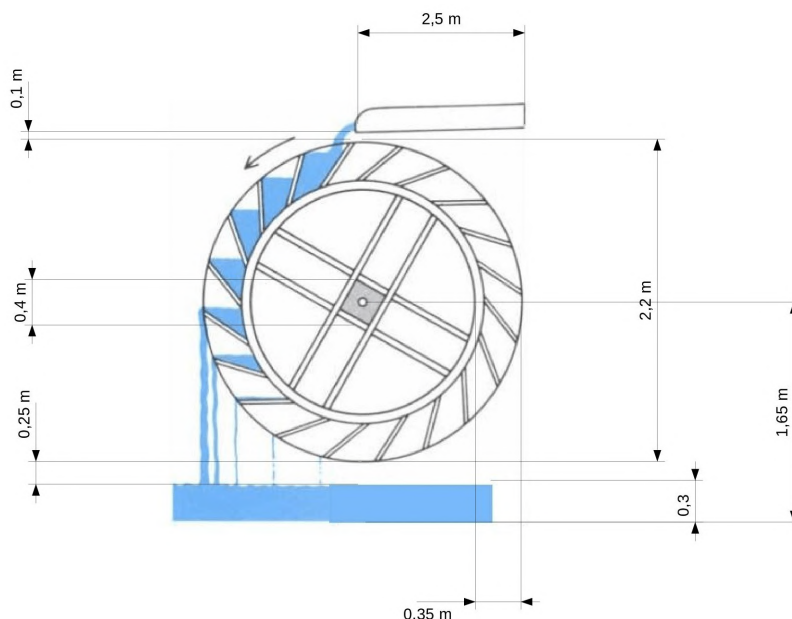
<sup>12</sup> BENOÎT, *op. cit.*, p. 46-47.

L'article comprenait par ailleurs une illustration qui permettait de déduire la hauteur des marches et leur disposition<sup>13</sup>. Le travail du groupe a donc consisté à retirer les informations utiles de l'article (texte et image) et de les transformer en dessin technique (**Figure 3**) susceptible d'être utilisé en CIT. Ils ont procédé de la même manière, c'est-à-dire par comparaison et extrapolation, pour exprimer les cotes des roues à augets, ce qui donne le résultat ci-après (**Figure 4**).



**Figure 3** : Escalier de service sur le plan fourni par les élèves, avec une erreur dans une longueur (18 cm au lieu de 4,75 m).

*Crédit : David Loaec (licence Creative Commons : CC0).*



**Figure 4** : Cotes de la roue à augets, d'après un schéma paru dans *Scientific American* et l'article de F. Benoît.

*Crédit : composée par David Loaec d'après une image sous © Scientific American.*

<sup>13</sup> Pour se faire une idée de cet espace, en particulier de la disposition de l'escalier de service, de la hauteur des marches et de leur largeur par rapport au bief proprement dit, se reporter à l'illustration 11 de l'article de F. Benoît, légendée « "train" de biefs oriental » (Benoît, 1940, p. 46).

### Étape 3 : restitution

Les élèves de LCA ont transmis leurs conclusions à ceux de CIT sous forme de mini-conférences composées à l'aide de diaporamas et se sont entraînés en cours de latin en vue d'expliquer oralement leur travail et leurs conclusions à leurs camarades. Les deux groupes se sont donc réunis dans une salle, les élèves de latin expliquant sous forme d'exposés-questions les étapes de leur raisonnement et la vision qu'ils ont du travail à accomplir. Cela fait, les élèves de CIT se sont répartis par équipes dans quatre groupes distincts, chacune étant chargée de modéliser séparément, via le logiciel Sketchup, un module du bâtiment : escalier de service, roues, transmissions hautes et basses, façade et chambres de mouture, escalier central, charpente, toiture et tuiles.

Chaque groupe disposait d'une fiche de travail comprenant si besoin un schéma et les indications nécessaires au travail. Par exemple, le groupe qui travaillait sur les roues à augets disposait de ces éléments :

#### Vous disposez :

- du **diaporama** réalisé par vos camarades de l'option **Latin**, explicatif des différentes solutions techniques mises en œuvre au cours de l'ère romaine permettant de récupérer ou de créer de l'**énergie hydraulique** ;
- de **représentations planes ou perspectives cotées** du modèle de roue à augets que vous avez à maquetter ;
- du **diaporama** réalisé par vos camarades de l'option **Latin**, indicatif des **différentes teintes et couleurs** que vous appliquerez à votre **roue à augets**.

#### Le travail que vous avez à réaliser :

- Le **travail** que vous avez à réaliser dans le **premier temps** du projet est la réalisation de la **maquette virtuelle** de la **roue à augets** qui équipa les moulins de Barbegal. Le temps alloué à cette tâche est de **4 semaines**.
- Cette maquette doit **respecter les dimensions** indiquées sur les plans mis à disposition.
- Cette maquette doit **respecter l'architecture générale** telle qu'indiquée sur les plans mis à votre disposition.
- Cette maquette doit **respecter les couleurs et teintes** indiquées dans le diaporama réalisé par vos camarades de l'option Latin.

Cette répartition a donc permis d'avancer rapidement dans la restitution d'une base modulaire de l'édifice, mais n'apportait encore aucun rendu global.

Ainsi, après un mois de travail à raison d'une séance d'une heure et demie par semaine, une première compilation des travaux d'équipe est tentée. Chaque équipe travaille durant cette étape sur une maquette globale propre à partir des modules déjà conçus. Il existe donc autant de maquettes que de groupes, mais dont l'aspect est encore rudimentaire, car les finitions et le texturage ne sont pas encore dessinés : il s'agit d'un rendu proche d'une maquette « fil de fer » où seuls les volumes globaux sont en place, mais qui donne une bonne idée de la structure générale du bâtiment. Ainsi, cette première version permet de corriger des défauts facilement repérables à l'œil nu. En effet, les plans fournis par les groupes de LCA aboutissaient à une maquette où les sols se trouvaient décalés les uns par rapport aux autres (**Figure 5**) : les pentes proposées ne correspondaient pas à la topographie des lieux et l'escalier central aboutissait à une maquette aberrante dans laquelle il fallait monter puis redescendre abruptement. Le groupe de CIT a donc proposé une correction de l'escalier au niveau de la troisième chambre de mouture, qui permet à la fois d'accéder aux portes d'entrée et de conserver une pente normale. En fait, la première maquette ne tenait pas compte du fait que les chambres 3 et 4 partageaient un même niveau et une même toiture.

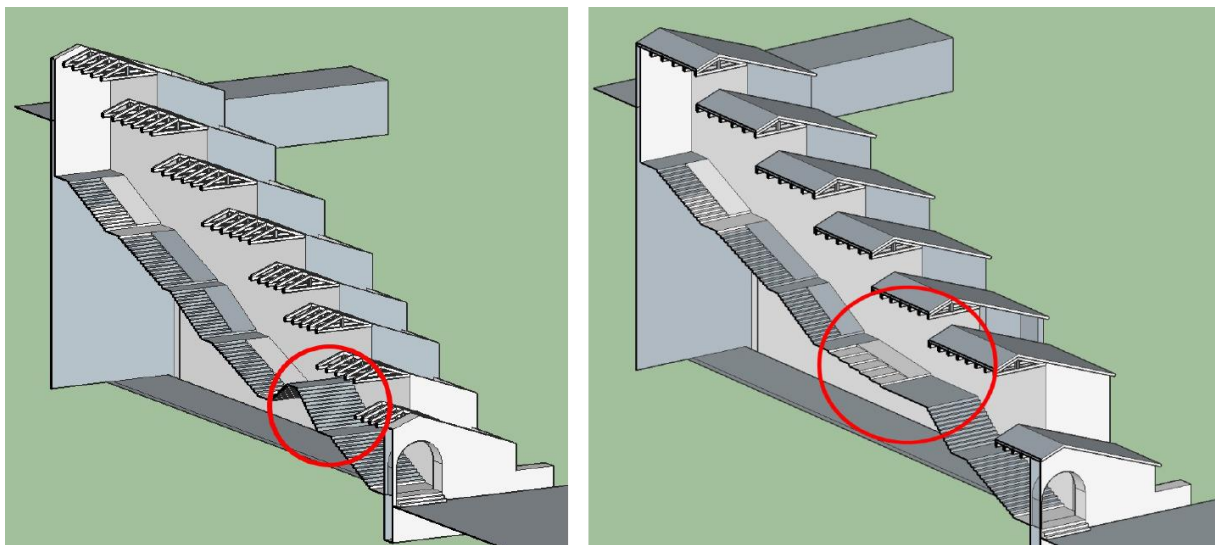


Figure 5 : Un exemple de problème structurel de l'escalier central et sa solution.  
Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).

Le texturage et la mise en couleurs se font deux mois de travail plus tard, d'après des photographies du site actuel de Barbegal trouvées sur internet ou fournies par le groupe de LCA, afin de respecter la taille et l'aspect des matériaux réels, surtout ceux des blocs de pierre, tels qu'on peut les voir *in situ*. À la suite de ce travail, une fois la première maquette habillée de façon plus réaliste et attractive, l'objectif change. Il s'agit en effet maintenant d'élaborer une maquette dynamique du site, c'est-à-dire de produire une image en 3D que l'on peut observer sous tous les angles et tous les points de vue, et que le spectateur peut visiter selon un parcours décidé à l'avance, comme un film sauvegardé sous forme de fichier vidéo,

réalisation que l'on peut ensuite exporter sur n'importe quel média numérique, comme YouTube par exemple. Ce dernier travail occupe presque trois semaines à la fin de l'année.



**Figure 6** : Exemple de rendu final avant visite dynamique. Cette version propose un bâtiment en pierres apparentes, sans enduit. Il manque encore quelques détails (texture et couleurs des escaliers, écoulement de l'eau).

*Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).*

Toutefois, les problèmes restent nombreux. En effet, des correctifs arrivent régulièrement du groupe de LCA, qui ne consacre qu'une heure par semaine au projet et a tendance à prendre du retard : les correctifs concernent l'aspect du bâtiment, la taille et la hauteur des ouvertures, la nature des portes à insérer, ce qui témoigne d'une part de l'implication du groupe dans l'accomplissement de la tâche collective, et d'autre part de la difficulté à prendre en compte à la fois la globalité du site et les menus détails en si peu de temps. Par ailleurs, les élèves de CIT conçoivent avec difficulté un scénario de visite tenant compte de toutes les possibilités d'un logiciel qu'ils découvrent au fur et à mesure de leur travail. Ils ont souvent du mal à raisonner du point de vue de la mise en scène et à se mettre à la place du visiteur, d'où leurs hésitations : où placer le soleil de façon à mettre en valeur le bâtiment ? Par où faire entrer le visiteur dans les chambres de mouture ? Comment survoler le bâtiment ? Quelles stations choisir devant les éléments clés pour en tirer le meilleur effet ? À ce stade, chaque groupe a été laissé libre de son parcours, l'essentiel étant qu'ils soient tous arrivés à un résultat final cohérent. La **Figure 6** donne une idée du rendu final de la maquette dynamique : les textures sont en place (murs en pierres apparentes, chaînages, tuiles, bois de charpente), les couleurs aussi (notamment le rouge de l'enduit étanche des biefs), mais le décor

n'est pas abouti. Si les lignes topographiques sont fidèlement rendues, la végétation n'est pas convaincante, et la colline reste blanche. Cependant, le contraste des couleurs avec le blanc du paysage a le mérite, dans une perspective de médiation culturelle, de mettre en valeur le bâtiment lui-même en supprimant des détails accessoires qui pourraient en brouiller la compréhension.

#### Étape 4 : retours d'expérience

Signalons que les élèves ont tous été très studieux, tant en LCA qu'en CIT, et surtout soucieux d'aller au bout du projet malgré de nombreuses difficultés imprévues en chemin. Cependant, ils ont souffert du manque de temps pour figoler leur maquette. En effet, faire travailler quatre groupes d'une quinzaine d'élèves pendant cinq mois à raison d'1h30 par semaine n'a malheureusement pas permis d'ajouter toutes les finitions souhaitables : couleur des sols et de l'escalier de service, support des meules, place du soleil, mécanismes souterrains, décor, accessoires intérieurs, personnages... En revanche, les participants au projet se sont rendu compte du travail nécessaire à la restitution professionnelle d'un site archéologique et de tout ce que cela implique, notamment la restitution d'éléments qui ne laissent aucune trace archéologique et que l'on doit extrapoler en s'inspirant d'autres bâtiments, d'autres habitudes de construction, d'autres concepts esthétiques, etc.

Pour terminer, le travail effectué en CIT a fait l'objet d'une transmission au groupe de LCA, de façon symétrique au premier passage de relais sous forme de mini-conférences avec questions, ce qui a valorisé le travail technique et permis de corriger les hypothèses que les apprentis archéologues avaient faites mais qui se heurtaient à une impossibilité technique. Les retours d'expérience interdisciplinaires ont donc été très fructueux, et ont permis aux deux groupes de mieux se connaître, de comprendre les contraintes qui s'appliquent d'un côté comme de l'autre de la collaboration sur un projet de médiation culturelle.

Enfin, pour valoriser le travail fini, deux articles ont été publiés dans les médias locaux, et les vidéos des visites scénarisées envoyées à Philippe Fleury, spécialiste des maquettes en 3D du « Plan de Rome » à l'Université de Caen<sup>14</sup>, qui les a félicités de leur travail, ainsi qu'au conservateur du Musée de l'Arles antique.

<sup>14</sup> <https://rome.unicaen.fr>

### 3. L'OBJET D'ÉTUDE « MÉDITERRANÉE » EN TERMINALE

Ce travail interdisciplinaire a été mené il y a déjà quelques années, mais présente à l'heure actuelle, dans la perspective des nouveaux programmes, des avantages considérables. En effet, il peut faire l'objet d'un travail sur le site même, à l'occasion d'une sortie ou d'un voyage scolaire, surtout maintenant que des moyens techniques devenus abordables, comme des drones munis de caméras, permettent de faire très facilement des clichés aériens. La visite du site, qui n'avait pas été possible à l'époque parce que le projet avait été programmé sans planification des activités extrascolaires possibles, serait un réel atout dans la compréhension de la configuration et de l'interconnexion avec le site voisin d'Arles. Cela permettrait de travailler un autre aspect du travail de l'archéologue ou du technicien à son service : le travail sur le terrain, et le contact avec la réalité des matières, leur rendu, leur poids, leurs dimensions. Cela permettrait aussi la visite du Musée départemental de l'Arles antique, malgré le risque d'interférence avec le projet dans la mesure où il contient déjà une maquette physique du moulin.

Du point de vue des professeurs, le travail interdisciplinaire a le mérite de faire émerger des projets qui ne peuvent naître que de la confrontation des besoins (médiation culturelle, nécessité de faire revivre l'Antiquité) et des moyens techniques. C'est d'ailleurs au cours de journées portes ouvertes qu'est né le projet, c'est-à-dire à un moment où se brise l'isolement pédagogique et où chacun peut se rendre compte des possibilités que recèlent les autres matières. En somme, le projet Barbegal est un échange de bons procédés, mais surtout un échange où tout le monde est gagnant : un professeur de CIT peut penser des projets en dehors de sa « boîte » pédagogique peuplée de robotique et de codage, et faire émerger des solutions techniques auxquelles il n'aurait pas pensé seul. De son côté, un professeur de LCA trouve à sa disposition des compétences qu'il n'a pas, ou qu'il ne peut pas construire seul, si ce n'est contraint, souvent, à utiliser des outils rudimentaires. Les compétences se complètent donc d'un point de vue professionnel, ce qui augmente le capital confiance que chaque discipline peut engager dans une autre, efface des a priori malvenus sur les LCA (discipline poussiéreuse, ringarde et hermétique au progrès) ou sur la CIT (techniciens sans lien avec l'histoire), et chamboule de manière positive les habitudes que l'on peut prendre dans une classe.

En outre, un tel projet permet de faire connaître un site majeur (quoiqu'un peu négligé en termes de médiation culturelle) de la Méditerranée et de mettre en évidence l'aspect industriel de la production de blé et de farine, puisque les sources donnent une estimation du

tonnage de farine produit quotidiennement<sup>15</sup>. Dans l'optique de l'entrée « Inventer, créer, fabriquer, produire : Grandes réalisations techniques », les moulins de Barbegal sont sans doute un des sites français les plus favorables à la réflexion. Par ailleurs, l'objet d'étude « Méditerranée : grands sites archéologiques » met en valeur la problématique non seulement de la sauvegarde du patrimoine antique, mais aussi de sa mise en valeur à des fins touristiques ou de médiation culturelle. Enfin, travailler soi-même sur une modélisation en 3D permet de donner des outils méthodologiques à des élèves en quête d'esprit critique. En effet, il suffit de comparer les restitutions auxquelles ils aboutissent et les restitutions professionnelles du musée d'Arles, très proches dans son architecture et ses dimensions, avec celles du magazine *Scientific American*, de Jean-Claude Golvin<sup>16</sup> ou du documentaire diffusé sur *Planète* intitulé « Les grandes découvertes de l'Antiquité : les inventions technologiques » (à partir de 00:15:18) pour se rendre compte que les interprétations divergent radicalement sur des aspects majeurs de la structure : hauteur des roues et des murs, couverture des chambres, couverture ou non de l'escalier central, évacuation des eaux (clairement souterraine sur les relevés, mais représentée en cascade chez Jean-Claude Golvin par exemple), etc.

## CONCLUSION

Le site des moulins de Barbegal semble donc être une source d'inspiration intéressante pour les professeurs de LCA soucieux de faire partager à tous leur passion du monde antique par un travail interdisciplinaire fructueux, et par les professeurs de CIT désireux d'élargir leur panel de problèmes techniques à résoudre. Cependant, comme dans tout apprentissage par projet, il tend des pièges non négligeables qui barrent la route des élèves dans l'acquisition de nouvelles compétences ou de nouveaux savoirs. D'un point de vue personnel, il a parfois été difficile, en LCA, d'éviter les dérives technicistes, où c'est finalement l'enseignant qui réalise le projet, et productivistes, où les élèves sont dépassés par des ambitions démesurées, ce qui aurait ruiné les gains en termes de motivation ou d'estime de soi, qui sont pourtant des objectifs primordiaux dans ce type de dispositif. Ce n'est pas une mince affaire, surtout au début du projet, quand le professeur craint qu'il ne dérape ou qu'il n'arrive pas à son terme. En s'inscrivant dans la lignée des Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI) pratiqués au collège, le projet interdisciplinaire LCA-CIT sollicite autant la responsabilité des élèves que celle des enseignants, qui doivent baliser le parcours de façon à ce qu'il ne soit pas

<sup>15</sup> LEVEAU, 2007, p. 3 : « Dans l'enthousiasme de la découverte, un ingénieur avait évalué à 28 t de farine par jour la production de l'usine. En fait, elle devait être bien inférieure, et ne pas dépasser les 4,5 t, ce qui est déjà considérable et assure la fourniture journalière de 350 g de farine à 12 500 personnes, la population d'un centre urbain romain comme Arles. »

<sup>16</sup> <https://www.jeanclaudegolvin.com/barbegal>



trop difficile, en évitant également de ne laisser aux élèves que des exercices d'application qui excluent toute créativité ou toute prise de risque. Après coup, en cherchant le moyen de transmettre ce projet à d'autres collègues, nous nous sommes aperçus que cela s'inscrivait dans la lignée de ce que recommande le projet Erasmus+ Crosscut<sup>17</sup> (pour *Cross Curricular Teaching* : enseignement interdisciplinaire), dont le but est de favoriser l'apprentissage par projet dans l'Union Européenne. En effet, au terme d'une mise en pratique de projets interdisciplinaires dans plusieurs pays, Erasmus+ Crosscut a abouti à des recommandations, des méthodes et des marches à suivre pour mener à bien ce genre de projet, mais aussi à un module de formation destiné aux enseignants des pays de l'Union Européenne.

Pour finir, au cas où des collègues motivés par cet article voudraient mettre en œuvre un projet similaire, nous tenons à leur disposition le matériel de départ pour mettre en place cette collaboration.

David LOAEC, agrégé de Lettres classiques  
& Gilbert SIMON, certifié de Sciences de l'Ingénieur et de l'Industrie  
(david.loaec@ac-rennes.fr et gilbert.simon@ac-rennes.fr)

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAM Jean-Pierre, *La construction romaine : matériaux et techniques*, Paris, Picard, 2005.
- AMOURETTI Marie-Claire, « Barbegal. De l'histoire des fouilles à l'histoire des moulins », *Provence historique*, 42, fasc. 167/168, 1992, p. 135-150.
- BENOÎT Fernand, « L'usine de meunerie hydraulique de Barbegal (Arles) », *Revue Archéologique*, sixième série 15.1, 1940, p. 19-80.
- COLLECTIF, « Les métiers de l'archéologie » (2012, juin-juillet), *Archéothéma, histoire et archéologie*, HS n°05 (numéro spécial), Chaponnay, Archéodunum, 99 pages.
- COLLECTIF, « Police scientifique et archéologie » (2012, mars-avril) (dossier), *Archéothéma, histoire et archéologie*, n°27, Chaponnay, Archéodunum, 103 pages.
- GROS Pierre, *L'architecture romaine 2 : maisons, palais, villas et tombeaux*, coll. Les manuels d'Art et d'Archéologie antique, Paris, Picard, 2001.
- JANÈS Agnès & CHAINEAUX Jacques, « Explosions de poussières dans les lieux de travail, recensement et analyse », *Hygiène et sécurité au travail*, INRS, Paris, 2010, p. 3-13, disponible en ligne sur <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202331> (consulté le 15/12/2021).

<sup>17</sup> <https://agence.erasmusplus.fr/resultats-de-projets/crosscut-pour-developper-les-pratiques-interdisciplinaires-des-enseignants/>

- LEBAHAR Jean-Charles, « Approche didactique de l'enseignement du projet en architecture : étude comparative de deux cas », *Didaskalia*, Paris, 2001, n°19, p. 39-77, disponible en ligne sur [http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/23908/1/DIDASKALIA\\_2001\\_19\\_39.pdf](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/23908/1/DIDASKALIA_2001_19_39.pdf) (consulté le 15/12/2021).
- LEVEAU Philippe, « Les moulins de Barbegal 1986-2006 », dans J.-P. BRUN et J.-L. FICHES (éd.), *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, Naples, Publications du Centre Jean Bérard, 2007, p. 185-199, disponible en ligne sur <http://books.openedition.org/pcjb/434> (consulté le 15/12/2021) et sur <http://www.traianvs.net/>.
- LEVEAU Philippe, « Les moulins de Barbegal, les ponts-aqueducs du vallon des Arcs et l'histoire naturelle de la vallée des Baux (bilan de six ans de fouilles programmées) », *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 139<sup>e</sup> année, n°1, 1995, p. 115-144, disponible en ligne sur [https://www.persee.fr/doc/crai\\_0065\\_0536\\_1995\\_num\\_139\\_1\\_15445](https://www.persee.fr/doc/crai_0065_0536_1995_num_139_1_15445) (consulté le 15/12/2021).
- LEVEAU Philippe, WALSH Kevin, BERTUCCHI Guy, BRUNETON Hélène, BOST Jean-Pierre & TREMEL B., « Le troisième siècle dans la Vallée des Baux : les fouilles de la partie basse et de l'émissaire oriental des moulins de Barbegal », *Revue archéologique de Narbonnaise*, tome 33, 2000, p. 387-439, disponible en ligne sur [https://www.persee.fr/doc/ran\\_0557-7705\\_2000\\_num\\_33\\_1\\_1573](https://www.persee.fr/doc/ran_0557-7705_2000_num_33_1_1573) (consulté le 15/12/2021).
- PROULX Jean, *Apprentissage par projet*, Québec, Presses universitaires de Québec, 2004.
- REVERDY Catherine, « Des projets pour mieux apprendre ? », *Dossier d'actualité Veille & Analyses*, n°82, février 2013, Lyon, ENS de Lyon, disponible en ligne sur <https://edupass.hypotheses.org/296> (consulté le 15/12/2021).
- TREVOR HODGE Alfred, « A Roman factory », *Scientific American*, vol. 263, n°5, 1990, p. 58-64.

## SITOGRAPHIE

- AGENCE ERASMUS+ FRANCE, « Résultat de projet Erasmus+, "Crosscut" pour développer les pratiques interdisciplinaires des enseignants », disponible en ligne sur <https://www.agence.erasmusplus.fr/resultats-de-projets/crosscut-pour-developper-les-pratiques-interdisciplinaires-des-enseignants> (consulté le 16/12/2021).
- ARCHÉODYSSÉE, *Archéologie et Culture historique*, « Les moulins romains de Barbegal, génie technique et industrie », 05 min 42 s (vidéo), 18/04/2021, disponible en ligne sur <https://www.youtube.com/watch?v=aELTFjgAVjg> (consulté le 16/12/2021).
- GOLVIN Jean-Claude, « Barbegal », disponible en ligne sur <https://www.jeanclaudegolvin.com/barbegal> (consulté le 16/12/2021).
- INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET D'ARCHÉOLOGIE PRÉVENTIVE (INRAP), disponible en ligne sur <https://www.inrap.fr> (consulté le 16/12/2021).

PIGERON Bernard (réal.), « Film roue du moulin de Barbegal », 15 min 37 s (vidéo), 11/04/2020, disponible en ligne sur <https://www.youtube.com/watch?v=6TBtwTagjzE> (consulté le 16/12/2021).

UNIVERSITÉ de CAEN, « Le plan de Rome, restituer la Rome antique », disponible en ligne sur <https://rome.unicaen.fr> (consulté le 16/12/2021).

## ANNEXE 1 : CONDUCTEURS DES EXPOSÉS

### Les sujets

#### 1- Les techniques de l'archéologie

##### **Ce que l'exposé doit contenir :**

- Une définition de l'archéologie.
- Une présentation des circonstances où on l'utilise.
- Une présentation des différents problèmes à résoudre par l'archéologie.
- Une explication des techniques de terrain de l'archéologie.
- Une explication des techniques scientifiques utilisées pour résoudre les problèmes posés.

#### 2- Arles dans l'Antiquité

##### **Ce que l'exposé doit contenir :**

- Une situation géographique dans l'empire romain : province, distance avec Rome...
- Une situation historique : date de création, événements majeurs et leurs répercussions sur la ville.
- Une explication des raisons pour lesquelles cette ville est spécialement intéressante pour les archéologues à l'heure actuelle.
- Une explication du rôle du moulin dans l'économie et l'approvisionnement de la ville.
- Une présentation des ressources utiles pour ceux qui voudraient en connaître plus.

#### 3- La force hydraulique dans l'Antiquité

##### **Ce que l'exposé doit contenir :**

- Une présentation des objets ou des constructions qui utilisent l'eau dans l'Antiquité : adduction, force hydraulique, pression...
- Une explication de l'un de ces systèmes, au choix, en s'appuyant sur des schémas, des illustrations, des vidéos.
- Une localisation des systèmes sur une carte, leur fréquence dans l'empire romain.

#### 4- *Le site de la meunerie antique de Barbegal*

**Ce que l'exposé doit contenir :**

- Une localisation précise de l'endroit où elle est située.
- Une explication du choix de cet emplacement.
- Une présentation des ruines du site.
- Une présentation générale du plan du site.
- Une présentation chiffrée et cotée du plan du site : calcul de la pente, des épaisseurs de murs, des surfaces des chambres...
- Une datation du bâtiment.
- Une explication du raisonnement que vous avez utilisé pour arriver à ces données.

#### 5- *Les hypothèses d'élévation du site*

**Ce que l'exposé doit contenir :**

- Une présentation en coupe longitudinale de ce qui reste du site.
- Une présentation des différentes hypothèses de reconstruction.
- Le raisonnement qui vous a menés à faire ces hypothèses.
- La conclusion que vous avez faite : quelle hypothèse retenez-vous ?

#### 6- *L'aspect des bâtiments*

**Ce que l'exposé doit contenir :**

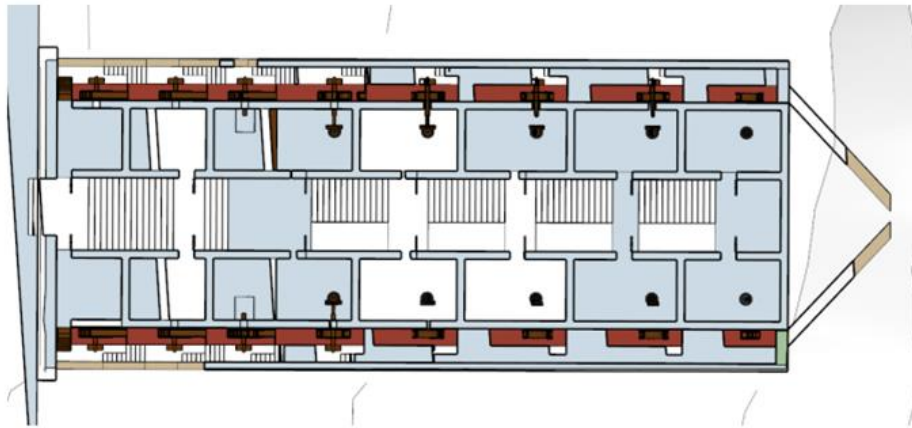
- Une présentation générale de l'élévation.
- Une explication de l'aspect général du site :
  - quel type de mur,
  - quelles couleurs,
  - quelles ouvertures,
  - quelles roues.
- Une explication des raisons qui vous ont poussés à privilégier ces explications.

### **La présentation et l'oral**

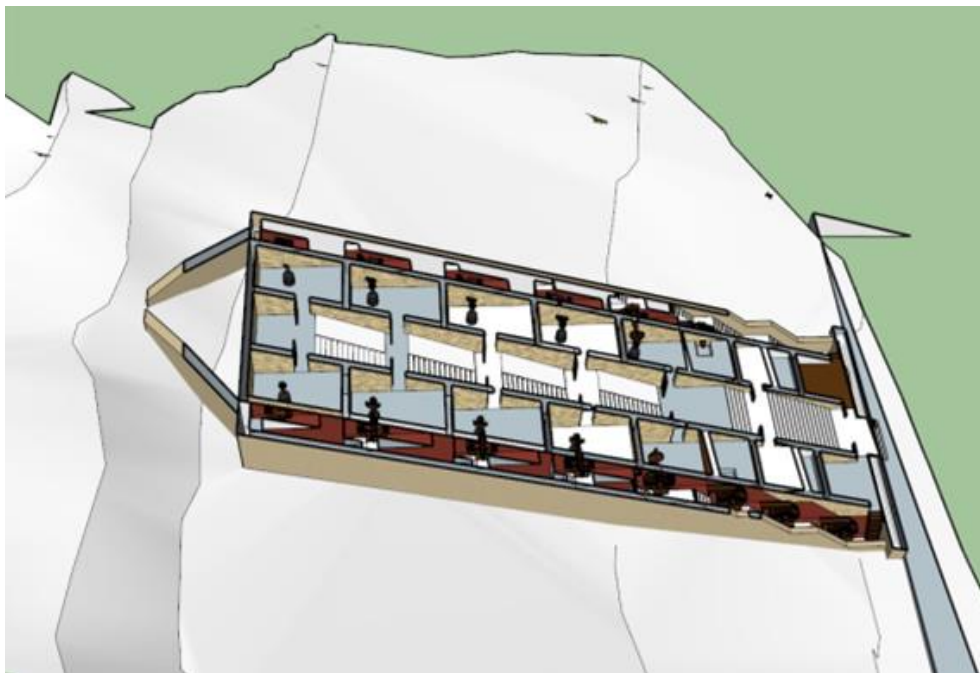
- Chaque diapositive doit s'appuyer soit sur une image, soit sur un texte de synthèse.
- Les diapositives doivent être lisibles.
- La présentation orale doit commenter l'illustration choisie, sans redite : il faut aller plus loin que ce que l'on voit.

- La présentation doit se faire à temps égal par tous les membres du groupe.
- Elle doit durer entre 5 et 10 minutes.

## ANNEXE 2 : PLANCHES INTERMÉDIAIRES DE LA MAQUETTE



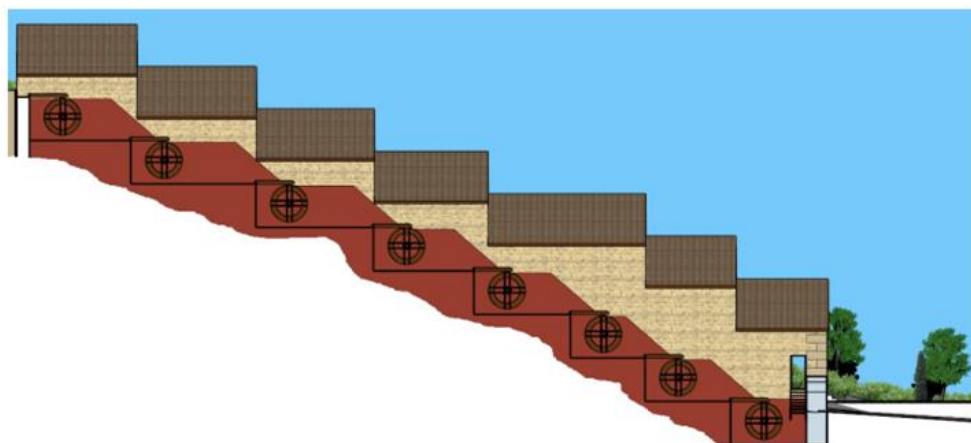
**Figure 7 :** Plan virtuel du site.  
*Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).*



**Figure 8 :** Photographie oblique obtenue avec la maquette.  
*Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).*



**Figure 9 :** Vue de la façade sud.  
*Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).*



**Figure 10 :** Vue de la façade ouest – chutes du bief.  
*Crédit : Gilbert Simon (licence Creative Commons : CC0).*