

Conception d'un SIG archéologique Le cas de la vallée des Merveilles

GABRIEL VATIN ■ (ENSG – Laboratoire Départemental du Lazaret, gabriel.vatin@wanadoo.fr)
LAURE CHANDELIER ■ (Département Imagerie Aérienne et Spatiale, ENSG, laure.chandelier@ensg.eu)

Contexte

La vallée des Merveilles se situe sur la commune de Tende, à quatre-vingts kilomètres au nord de Nice, dans le Parc du Mercantour. Elle fait partie d'un ensemble plus vaste s'organisant autour du mont Bégo (2 872 m d'altitude) et délimité en huit secteurs.

Dans cette région, sur une période s'étalant de 3300 à 1800 ans av. J.-C., des hommes a gravé de nombreuses roches. Au total, les préhistoriens ont dénombré quarante mille gravures, figuratives ou non, sur plus de quatre mille roches. Les gravures figuratives représentent des *corniformes*, des attelages, des figures géométriques, des armes, des outils, des anthropomorphes... Depuis le XIX^e siècle, des chercheurs étudient ces roches et leur interprétation est, aujourd'hui encore, un sujet de recherche pour les préhistoriens [De Lumley, 2011], notamment ceux du laboratoire du Lazaret [1] à Nice et de l'Institut de Paléontologie Humaine [2] à Paris.

La vallée des Merveilles correspond au secteur le plus riche (avec celui de Fontanalba) et le plus étendu ; il est découpé en douze zones,



Figure 1 : Antenne de la station permanente. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

elles-mêmes décomposées en groupes. Des cheminements de roche en roche ont été conçus afin de retrouver les gravures et une cartographie au 1:1 000 a été établie par report des éléments caractéristiques du paysage et des roches. Ce système a longtemps été utilisé, mais il peut être logiquement amélioré aujourd'hui par les techniques de positionnement spatial (GNSS, *Global Navigation Satellite System*) qui sont une solution efficace et précise à la localisation des roches. De plus, un positionnement fiable couplé à des informations topographiques peut

offrir aux chercheurs de nouvelles pistes d'analyse du site.

Depuis 2008, des bénévoles de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) effectuent, chaque été, des levés par GPS des positions des roches. Les méthodes employées sont adaptées au site : elles consistent en un positionnement par cinématique temps réel (RTK, *Real Time Kinematic*) depuis une station de référence située à côté du Refuge des savants (Figure 1). Les « topographes » sont accompagnés sur le terrain par des étudiants

en archéologie, qui réalisent en parallèle les plans des roches par décalquage, et encadrés par les permanents du chantier.

Vers un web SIG

Afin d'aider les archéologues dans leur étude de la *vallée des Merveilles* et de la répartition des roches gravées sur le site, un système d'information géographique regroupant les données relevées sur le terrain a été développé, au sein du laboratoire du Lazaret. Celui-ci a pour but de :

- Visualiser géographiquement la répartition des roches enregistrées dans la base de données ;
- Aider à la compréhension de la répartition des types de gravures ;
- Créer des plans de la région afin d'orienter les archéologues sur le terrain ;
- Communiquer les résultats de recherches archéologiques.

Afin de rendre possible l'utilisation de ce type de système par le plus grand nombre d'archéologues, nous avons choisi de développer cet outil à travers un portail web, plutôt qu'une solution bureautique : un portail de consultations de données accessible par internet permet à la communauté scientifique de répondre rapidement à certaines requêtes, depuis n'importe quel ordinateur. De plus, de nombreuses bibliothèques libres pour le développement de solutions web existent et permettent de réaliser des maquettes efficaces très rapidement.

Le laboratoire dispose d'une base de données « archéologique » très complète sur la *vallée des Merveilles*, regroupant toutes les informations relatives aux gravures, aux roches et à leur environnement. Les dernières années de levés topographiques ont permis de compléter cette base avec les coordonnées des roches, ainsi que de lieux remarquables.



Figure 2 : Exemple de code. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

Une base de données géographique

Une nouvelle base de données a été créée, de manière à être adaptée à l'utilisation dans un SIG : chaque table représente un niveau de description du terrain (zone, groupe, roche et enfin gravure), avec ou sans attribut géométrique. Sur le terrain, les relevés GPS ont été effectués à l'échelle de la roche : les gravures ne comportent donc pas de géométrie (X, Y, Z), mais seulement une référence vers la roche géoréférencée dont elles dépendent.

Dans la base de données archéologique d'origine, la description de chaque gravure est codée par une chaîne de caractères où le premier donne le type général de gravures (P pour les poignards, par exemple), puis une suite de caractères alphanumériques vient décrire plus précisément la forme, la taille, et d'autres caractéristiques (Figure 2). Un lexique, développé par les chercheurs du Lazaret, permet de passer de la description au code informatisé. Ce code a été réutilisé dans la base de données géographique.

Des bibliothèques libres

Les données existantes au Lazaret étant stockées dans des bases de données PostGreSQL, le choix a été fait de garder le même SGBD en ajoutant l'extension géographique PostGIS, et d'utiliser des bibliothèques libres, à l'instar de tous les projets informatiques du laboratoire [3].

L'utilisation de *MapFish Client* [4], couplé aux données de l'API *Géoportail* [5], a donc permis d'exploiter les nombreuses possi-

bilités offertes par les outils libres de webmapping : les bibliothèques *JavaScript GeoExt*, basée sur *Ext*, et *OpenLayers* permettent de créer des interfaces cartographiques dynamiques et offrent de nombreux outils pour la manipulation de cartes.

Au moment du développement de ce SIG, *MapFish* était récemment passé à la version 2.1. Certaines applications existantes développées avec *MapFish 1* utilisaient alors l'API *Géoportail*, mais le passage à cette nouvelle version a entraîné une incompatibilité des deux outils : le SIG des Merveilles a donc été l'une des premières applications à utiliser la version 2 de *MapFish* et les données du *Géoportail*.

Architecture du SIG

Afin de pouvoir générer des services WFS basés sur des requêtes spécifiques, l'utilisation d'un serveur géographique du type *GeoServer* ne suffisait pas : de nombreux recoupements entre les tables de la base de données doivent être effectués, puis affichés sur l'interface cartographique pour décrire une roche ou une gravure. Le choix du serveur géographique s'est donc porté sur *MapServer* : le module PHP *MapScript* permet de générer des fichiers *Mapfile* côté serveur afin de définir un service WFS/WMS particulier. Ainsi, à chaque requête du client, des informations sur la zone, le groupe, la roche et la gravure sont envoyées vers le serveur ; une vue temporaire correspondant aux données recherchées se crée sur la base de données, et le flux WFS spécifique à cette table est généré en langage PHP (Figure 3).

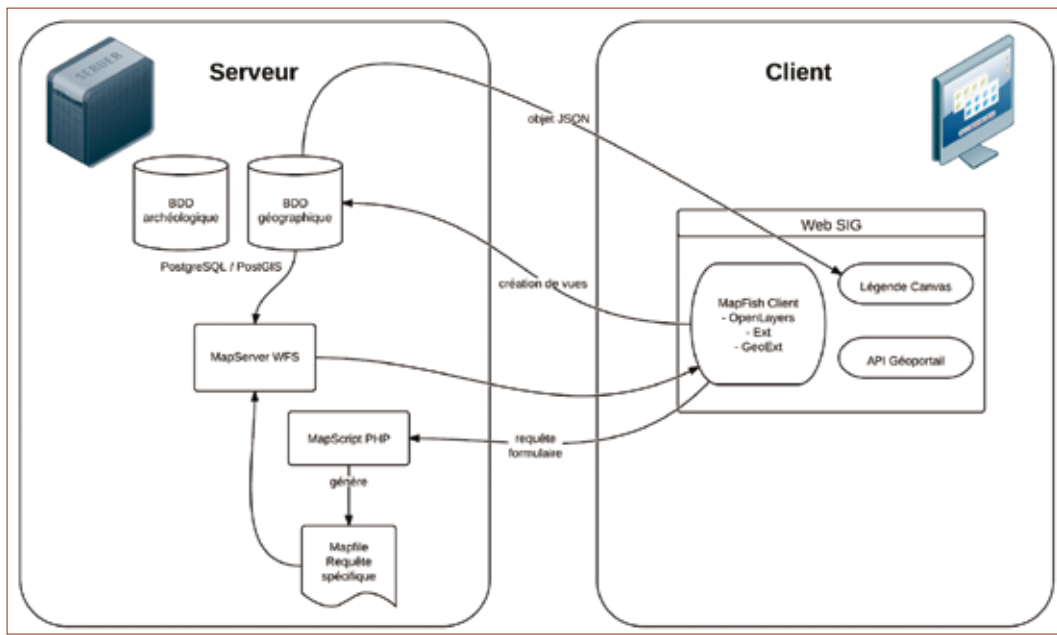


Figure 3 : Architecture du SIG des Merveilles. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

En débutant une session PHP, chaque poste se connectant au SIG reçoit son propre identifiant côté serveur, permettant ainsi d'initialiser la table temporaire portant cet identifiant : plusieurs utilisateurs peuvent utiliser ce service simultanément, chacun travaillant sur une vue distincte dans la base.

Les outils développés

Consultation des données

Les données ponctuelles affichées sur le portail sont les roches du site : en cliquant sur ces objets, nous pouvons accéder aux données des roches et des gravures correspondantes. Au premier clic, une *infobulle* s'affiche (Figure 4) pour décrire la roche avec le nom, les coordonnées et l'année de levé GPS. De plus, l'utilisateur peut afficher plusieurs informations supplémentaires :

- Le tableau des figures gravées sur cette roche (en prenant en compte ou non le filtre actif), qui liste le code de chaque figure ainsi qu'une image ;
- Le diagramme circulaire des gravures, classées par grandes familles ;
- Une image de cette roche.

Filtres

L'intérêt premier du SIG est de pouvoir localiser rapidement un type de gravure et d'apprécier sa répartition dans la vallée. Pour cela, l'utilisateur paramètre des filtres d'affichages de roches afin de préciser sa requête, à partir de la description des gravures (code) : un code strict peut être demandé, pour rechercher un type de gravure spécifique (ex. : p2r1t), ou bien seulement une partie de code (ex. : p*) afin d'avoir toutes les gravures comportant un caractère dans leur description. Un filtre géographique correspondant à une zone spécifique de recherche des gravures est également définissable, ou bien la

recherche se fera dans toutes les zones, par défaut (Figure 5). Un archéologue peut ainsi demander d'afficher « tous les poignards de la zone III », ou bien « tous les réticulés à frange sur l'intégralité des Merveilles ».

En regroupant toutes les informations demandées par l'utilisateur, une nouvelle vue est créée sur la base de données, et la couche correspondant au flux WFS de cette nouvelle table vient remplacer le WFS de toutes les roches sur le SIG. Une icône de filtre apparaît alors près du nom de cette couche, rappelant qu'un filtre est actif, ainsi qu'une notification dans l'onglet Filtre. L'utilisateur peut donc rapidement repérer s'il ne voit qu'un extrait du jeu de données original, et quels en sont les critères, en survolant cet icône.

Analyse spatiale

Un second onglet permet de cartographier les effectifs de roches ou de gravures sur l'intégralité de la *vallée des Merveilles* (Figure 6). Pour cela, l'utilisateur remplit un formulaire où il peut choisir de représenter le nombre de roches ou gravures par zone, ou bien le nombre de gravures par roche. De plus, un filtre facultatif précise ultérieurement le type de gravure que l'on désire compter, en saisissant une chaîne

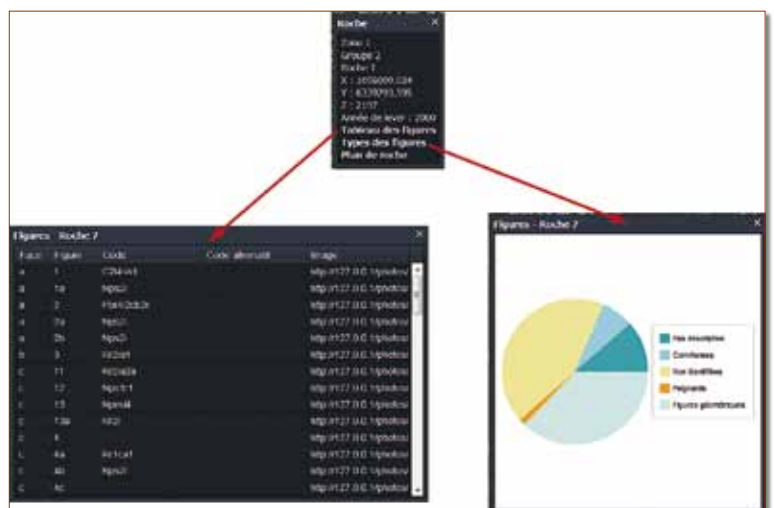


Figure 4 : Description et analyse d'une roche. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

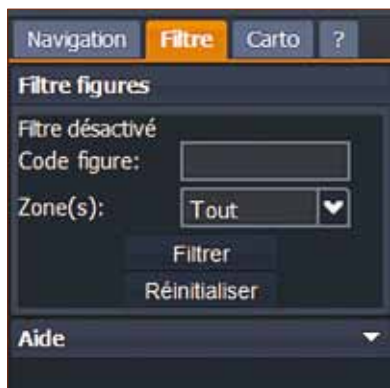


Figure 5 : Formulaire de filtre. © Gabriel Vatin – LDPL 2012



Figure 6 : Formulaire d'analyse. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

de caractères, semblablement au filtre précédent ; on utilise ici la représentation en cercles proportionnels : ceux-ci sont des objets vectoriels gérés par *OpenLayers* représentant les effectifs recherchés. Afin de faciliter la lecture de ce type de carte, la bibliothèque *web Canvas* [7] ajoute automatiquement une légende, et les chiffres peuvent être lus lors du survol des cercles proportionnels.

Pour cela, après réception de la requête émise par l'utilisateur, le serveur renvoie un objet *JSON* décrivant les valeurs maximales et minimales à représenter. En outre, l'utilisateur peut choisir la taille minimale et maximale des cercles à dessiner, en pixels. À partir d'une formule de type racine, donnant la taille d'un cercle pour une valeur à représenter,

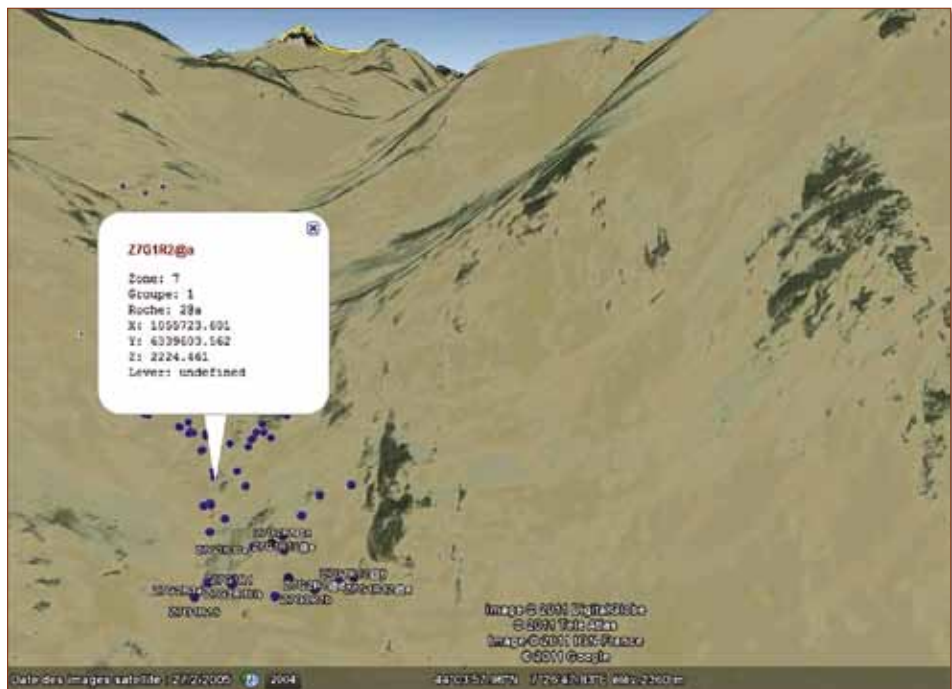


Figure 7 : Export sous Google Earth. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

une fonction *JavaScript* va calculer la taille de tous les cercles. *OpenLayers* va donc construire un cercle par entité, tandis que *Canvas* va générer une image simple avec le plus petit cercle, le plus grand, la médiane, et les valeurs correspondantes.

Export Google Earth

Afin d'apprécier au mieux l'altitude et la répartition des roches sur le site, un bouton d'export en *KML* [8] a été développé pour intégrer une représentation des artefacts sous *Google Earth*. Ce bouton crée un fichier qui répertorie toutes les métadonnées des roches au format *KML* de *Google*, format basé sur le paradigme *XML* ; ce fichier n'est pas lié dynamiquement à la base de données, car toutes les données exportées sont recopiées dans les balises de ce fichier (Figure 7). Seules les roches visualisées dans le *webSIG* sont exportées. L'utilisateur peut alors enregistrer localement ce *KML*, ou bien l'envoyer par mail par exemple : il permet une communication rapide et efficace de résultats, sans aucun lien avec la base de données originale.

On pourrait aussi utiliser cet export dans l'optique de visualiser l'emplacement des roches dans un *GPS* lisant le *KML*, afin de les retrouver directement sur le terrain par exemple.

Conclusion

Résultats

Avec ce nouvel outil, les archéologues du Lazaret peuvent avoir une nouvelle approche dans leur étude de la *vallée des Merveilles* et du mont Bègo. Jusqu'alors, personne ne disposait d'une vision globale sur la situation des roches du site et leur répartition. Aujourd'hui, grâce au *SIG* des Merveilles, nous pouvons retrouver très facilement une roche particulière ou un type spécifique de gravure. Cela aidera par la suite les chercheurs à comprendre l'organisation des gravures dans cette région : le site s'étendant sur plus de quatorze hectares, l'utilisation de ce type de *SIG* peut rapidement amener les archéologues à trouver une logique dans la répartition géographique d'un certain type de gravure.

Des résultats pertinents peuvent être rapidement obtenus et cartographiés à l'aide d'une simple requête, sans avoir besoin de maîtriser un langage tel que le SQL pour interroger la base de données (Figure 8, Figure 9, Figure 10).

Perspectives

Dans cet article, seule la zone des Merveilles a été présentée, car elle a été la première raison du développement de cette plate-forme. Mais le laboratoire du Lazaret dispose également de données sur la vallée de Fontanalba, et d'autres parties du Mercantour. Ces données ont été ajoutées au SIG, et viennent donc élargir la zone d'intérêt de cet outil. Progressivement, de nouvelles données et fonctionnalités vont venir enrichir la base, évoluant avec les besoins des études archéologiques de la région.

Comme il a été proposé précédemment, il serait possible d'utiliser ce portail cartographique web sur le terrain, afin de retrouver facilement certaines roches ou gravures. Le site n'a pas été testé sur plate-forme mobile (PDA, smartphone, tablette), mais il fonctionne sous tous les systèmes d'exploitation, et tous les navigateurs (excepté Internet Explorer). Il serait très intéressant d'essayer de développer une version mobile de ce SIG afin d'aider au mieux les archéologues et bénévoles du laboratoire du Lazaret.

Remerciements

Nos remercions le professeur Henry de Lumley (Institut de Paléontologie Humaine, Paris) pour nous avoir permis de travailler sur ce site, Nicoletta Bianchi (Laboratoire du Lazaret, Nice) pour l'encadrement du travail de fin d'étude et des campagnes de levés GPS, ainsi que tous les bénévoles archéologues et topographes qui nous ont aidés pendant ces nombreuses années de relevés. ■



Figure 8 : Cartographie du nombre de figures par roche. © Gabriel Vatin – LDPL 2012



Figure 9 : Recherche des corniformes dans la zone V. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

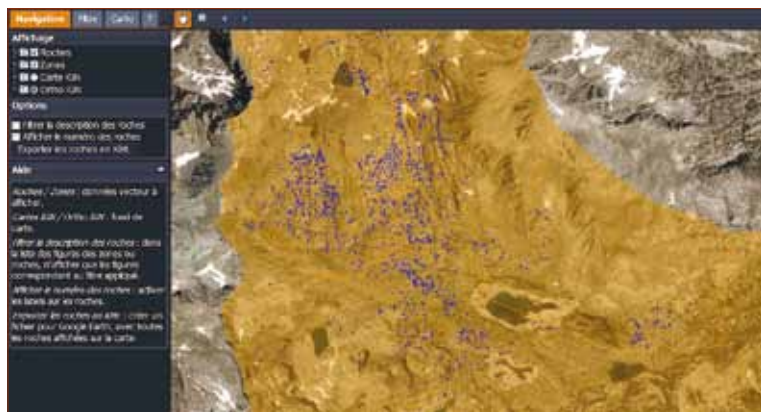


Figure 10 : Vue d'ensemble du SIG des Merveilles. © Gabriel Vatin – LDPL 2012

BIBLIOGRAPHIE

[De Lumley, 2011] H. de Lumley, A. Echassoux : *La montagne sacrée du Bego*. CNRS Editions, 2011.

INTERNET

- [1] <http://www.lazaret.unice.fr>
- [2] <http://www.fondationiph.org>
- [3] <http://www.lazaret.unice.fr/opensource>
- [4] <http://www.mapfish.org>
- [5] <http://www.api.ign.fr>
- [6] <http://www.opengeo.org>
- [7] <http://developer.mozilla.org/fr/HTML/Canvas>
- [8] <http://www.code.google.com/intl/fr/apis/kml/documentation>