

ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES SPATIO

Alice Grelier

Chargée de mission réseau
des plateformes Spatio, RnMSH

Juillet 2024



TABLE DES MATIÈRES

I - MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE	4
DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE.....	5
LE QUESTIONNAIRE.....	5
LA BASE DE DONNÉES HEURIST.....	6
II - INTRODUCTION: TOUR D'HORIZON DES PLATEFORMES SPATIO	7
CATÉGORISATION DES GRANDS TYPES DE PLATEFORMES.....	7
ORGANISATIONS STRUCTURELLES DES PLATEFORMES ET LABELLISATION EN TANT QUE PLATEFORMES DU RNMSH.....	9
PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES PLATEFORMES.....	10
LES PLATEFORMES SPATIO ET L'INGÉNIERIE TECHNOLOGIQUE ET INSTRUMENTALE.....	11
III - LES PERSONNELS DES PLATEFORMES SPATIO	13
RÉPARTITION DU PERSONNEL TITULAIRE OU PERMANENT.....	13
RÉPARTITION DU PERSONNEL NON-PERMANENT.....	13
ETP (ÉQUIVALENT TEMPS PLEIN).....	14
STATUT DES PERSONNELS DES PLATEFORMES DU RÉSEAU SPATIO.....	15
IV - LES ACTIVITÉS DES PLATEFORMES SPATIO	16
LA GÉOMATIQUE.....	16
GeoBFC Dijon.....	17
GeoBFC Besançon.....	18
Atelier numérique.....	19
IntelEspace.....	19
MAPS.....	20
L'IMAGERIE ET LA MICROSCOPIE.....	20
Imagerie liée à l'Information géographique et imagerie 3D.....	20
GeoBFC Dijon.....	20
GeoBFC Besançon.....	21
MAPS.....	22
IntelEspace.....	22

LA MICROSCOPIE.....	22
LE WEB.....	23
ArkeoGIS.....	23
CartoMundi.....	23
LES PARTENARIATS.....	24
LA DIFFUSION DES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES LIÉS À L'ACCOMPAGNEMENT DE LA RECHERCHE ET À LA RECHERCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	26
LA VALORISATION SCIENTIFIQUE.....	27
LES UTILISATEURS.....	28
LES DOMAINES ET DISCIPLINES DES UTILISATEURS.....	28
ACTIONS PEDAGOGIQUES DES PLATEFORMES.....	29
V - LES ÉQUIPEMENTS ET LES LOGICIELS	31
LA GESTION DES ÉQUIPEMENTS.....	32
L'UTILISATION DES ÉQUIPEMENTS.....	33
RECYCLAGE ET AMÉNAGEMENT.....	34
LES LOGICIELS.....	35
VI - CYCLE ET VIE DES DONNÉES: PRODUCTION, GESTION, STOCKAGE ET DIFFUSION DES DONNÉES	37
TYPES DE DONNÉES PRODUITES.....	37
FORMAT DES DONNÉES.....	37
STOCKAGE DES DONNÉES.....	37
ACCÈS AUX DONNÉES.....	38
VOLUMÉTRIE DES DONNÉES PRODUITES.....	40
LA FAIRISATION DES DONNÉES.....	40
Les données géographiques.....	41
Nakala.....	41
La directive INSPIRE et le projet CARGOS.....	41
Des solutions locales.....	42
Les modèles 3D.....	42

VII - ÉVOLUTION ET PÉRENNISATION	44
PÉRENNISATION.....	44
LE MODÈLE ÉCONOMIQUE.....	44
Les projets de recherche.....	45
Les prestations et les formations.....	46
LES PERSPECTIVES ET BESOINS.....	48
CONCLUSION	49
LES ANNEXES	53
MISSIONS PRINCIPALES DES MÉTIERS DE LA BAP D.....	54
PRÉSENTATION DES PLATEFORMES SPATIO.....	56
ArkeoGIS.....	56
Atelier Numérique.....	58
CartoMundi.....	60
GeoBFC Besançon.....	61
GeoBFC Dijon.....	64
IntelEspace.....	66
MAPS.....	68
FICHES TECHNIQUES DES ÉQUIPEMENTS.....	70
LISTE DES ACRONYMES.....	77
LISTE DES FIGURES.....	79

I - MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE

La mission autour du réseau des plateformes Spatio du RnMSH a été menée de février 2023 à février 2024. Elle a été suivie par une équipe composée de :

- ▮ Myriam Danon-Szmydt, secrétaire générale du Réseau national des MSH, directrice de l'UAR3603 Structuration et internationalisation des SHS
- ▮ Chiara Chelini, responsable de l'animation et de la coordination des communautés du RnMSH
- ▮ Serge Wolikow, chargé de mission sur les plateformes du RnMSH
- ▮ Ludovic Granjon (IR CNRS), puis Lucile Pillot (IGE université de Bourgogne), référents locaux pour l'accompagnement de la mission Spatio

Plusieurs réunions de suivi¹ ont eu lieu au cours de la mission avec Sophie de Ruffray et Johanna Etner, représentantes de la Direction générale de la Recherche et de l'Innovation du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Lionel Maurel, Directeur adjoint scientifique de CNRS SHS, en charge de la science ouverte et du suivi des MSH, a également suivi de près le travail effectué.

Dans la lignée des précédentes missions, Audio-Visio, Cogito et Scripto, la mission Spatio a eu trois objectifs principaux. Le premier est de permettre de connaître à l'échelle nationale ce réseau de plateformes et leurs enjeux. Le deuxième objectif est de réaliser une cartographie détaillée du réseau Spatio, à travers l'étude approfondie des plateformes qui le composent. Le troisième est la réalisation d'un rapport circonstancié et détaillé contenant les informations récoltées classées selon des indicateurs d'activité et de contexte.

Pour atteindre ces trois objectifs, une méthodologie d'enquête a été mise en place, laquelle s'inscrit dans la lignée de l'approche mise en place et employée pour les missions Audio-Visio, Cogito et Scripto. En premier lieu, l'enquête a nécessité de collecter le maximum d'informations sur le réseau Spatio et sur les plateformes, en s'appuyant sur les éléments suivants :

- ▮ Liste des plateformes du RnMSH labellisées pour Spatio depuis 2015
- ▮ Typologies des activités et des modes d'organisation de ces plateformes
- ▮ Compilation des informations déjà existantes pour le RnMSH sur le réseau Spatio

Dans un second temps, afin de réaliser une cartographie détaillée du réseau Spatio, il a été primordial d'établir un contact approfondi avec chaque plateforme du réseau, à travers notamment une visite sur site pour chacune, ce qui a permis de mener des entretiens avec les acteurs des MSH et des plateformes.

En amont de ces visites sur site, la trame de l'enquête a été construite en adéquation avec la méthodologie mise en place et utilisée précédemment pour les autres réseaux de plateformes du RnMSH, mais également avec des spécificités des plateformes Spatio.

Cela a permis de dresser la liste d'informations et de points à aborder sur place lors des entretiens, articulée autour de grands indicateurs, tels que l'environnement académique et partenarial, les compétences et les matériels, la production scientifique, l'organisation des plateformes, les modèles économiques et le cycle de vie des données.

Les entretiens ont abordé de manière approfondie plusieurs thématiques communes, lesquelles construisent le déroulé de ce rapport :

- ▮ La composition du personnel au sein de chaque plateforme
- ▮ Les activités déployées au sein de chaque plateforme
- ▮ Les équipements associés à ces activités
- ▮ Le mode de fonctionnement de chaque plateforme, accompagné d'explications détaillées sur leur modèle économique
- ▮ La gestion méticuleuse des données générées par ces plateformes

La conclusion de ce rapport expose les orientations et enjeux à venir pour le réseau Spatio et ses plateformes.

DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE

L'enquête a débuté par des contacts avec les directions des MSH, les responsables ingénierie des plateformes et les ingénieurs, ainsi qu'avec les référents scientifiques, le cas échéant. Un premier échange a eu lieu en visioconférence pour présenter les objectifs de l'enquête et amorcer les discussions. Par la suite, des visites sur site des plateformes ont été réalisées, permettant d'approfondir les réponses aux questions, d'observer les équipements et d'échanger avec les acteurs, notamment sur le réseau des plateformes Spatio présentes au sein des différentes MSH.

En 2023, le réseau Spatio comptait sept plateformes. Toutes les informations les concernant ont été compilées en annexe. Entre mai et décembre 2023, six d'entre elles ont été visitées. Étant donné que la septième ne dispose que d'un seul personnel et d'aucun équipement spécifique, nous avons privilégié un entretien en visioconférence.

LE QUESTIONNAIRE

Le questionnaire dresse un état des lieux au moment de l'enquête. Il commence par des questions générales sur la MSH et l'intégration de la plateforme au sein de la structure, permettant ainsi une mise à jour des données précédemment recueillies. Le questionnaire se compose d'environ 130 questions, réparties en six thèmes. Une part importante du présent rapport est consacrée au personnel opérant au sein du réseau Spatio. L'objectif à long terme est de faciliter la comparaison des données tant à l'échelle du réseau Spatio que dans le contexte global du RnMSH. Cette approche permet d'identifier les correspondances et les disparités susceptibles d'influencer le fonctionnement des plateformes. Une démarche analogue est entreprise pour évaluer les équipements, et la gestion des données. À la date de rédaction de ce rapport, les enquêtes sur les réseaux des plateformes technologiques du RnMSH arrivent à leur terme : trois des quatre enquêtes sont achevées.

¹ Les réunions ont eu lieu aux dates suivantes : 17/04/23 - 12/06/23 - 04/10/23 - 19/01/24.

La cinquième, sur le réseau DATA, a débuté en novembre 2023. La compilation des informations ainsi que leur comparaison ouvriront la voie à des réflexions en vue de définir des actions communes, et d'établir une méthodologie uniforme entre tous les acteurs des réseaux, notamment sur des enjeux cruciaux telle que la gestion des données².

LA BASE DE DONNÉES HEURIST

Les données collectées ont été consignées dans une base de données relationnelles conçue grâce à l'outil Heurist³. La conception de cette base de données a été réalisée au cours des enquêtes des réseaux Cogito et Audio-Visio. Il a été convenu qu'elle serait enrichie progressivement au fil des enquêtes, chaque chargée de mission contribuant à sa propre partie après avoir élaboré la partie dédiée à son réseau.

II - INTRODUCTION : TOUR D'HORIZON DES PLATEFORMES SPATIO

Selon le rapport élaboré par Philippe Vendrix (président du RnMSH de 2014 à 2018) et Serge Wolikow (professeur émérite, chargé de mission pour les plateformes du RnMSH de 2015 à 2023), basé sur les enquêtes menées par les directeurs et directrices des MSH entre 2015 et 2016, les plateformes du réseau Spatio se définissent comme suit : « *L'ensemble des plateformes Spatio rassemble les données numériques spatialisées incluant la géomatique, mais aussi la 3D et le traitement d'image, ces deux dernières technologies n'impliquant pas nécessairement une dimension spatiale* »⁴.

Les plateformes du réseau Spatio œuvrent en soutien aux programmes scientifiques en sciences humaines et sociales (SHS). Elles mettent à disposition des chercheurs, des ingénieurs, des doctorants, et parfois même des étudiants en master, leurs expertises, leurs compétences et leurs équipements.

En fonction des spécialités des personnes travaillant au sein de ces plateformes, différents domaines d'expertise émergent. On y retrouve d'une part les activités liées à la géomatique, d'autre part les travaux autour de l'imagerie 3D et le travail sur des images à l'échelle microscopique et, enfin, en lien avec l'information géographique, deux plateformes déploient des sites internet collaboratifs.

Au total, le réseau Spatio dénombre sept plateformes labellisées :

- ▮ ArkeoGIS, MISHA – Strasbourg (visitée le 12 décembre 2023)
- ▮ Atelier numérique, MSH Val de Loire – Tours (visitée le 25 juillet 2023)
- ▮ CartoMundi, MMSH – Aix-Marseille (seconde visioconférence, plus approfondie, le 16 janvier 2024)
- ▮ GeoBFC, MSHE Besançon (visitée le 22 juin 2023)
- ▮ GeoBFC, MSH Dijon (visitée le 13 juillet 2023)
- ▮ IntelEspace, MSH Clermont-Ferrand (visitée le 26 octobre 2023)
- ▮ MAPS, MSH Mondes Nanterre (visitée le 20 juillet 2023)⁵

CATÉGORISATION DES GRANDS TYPES DE PLATEFORMES

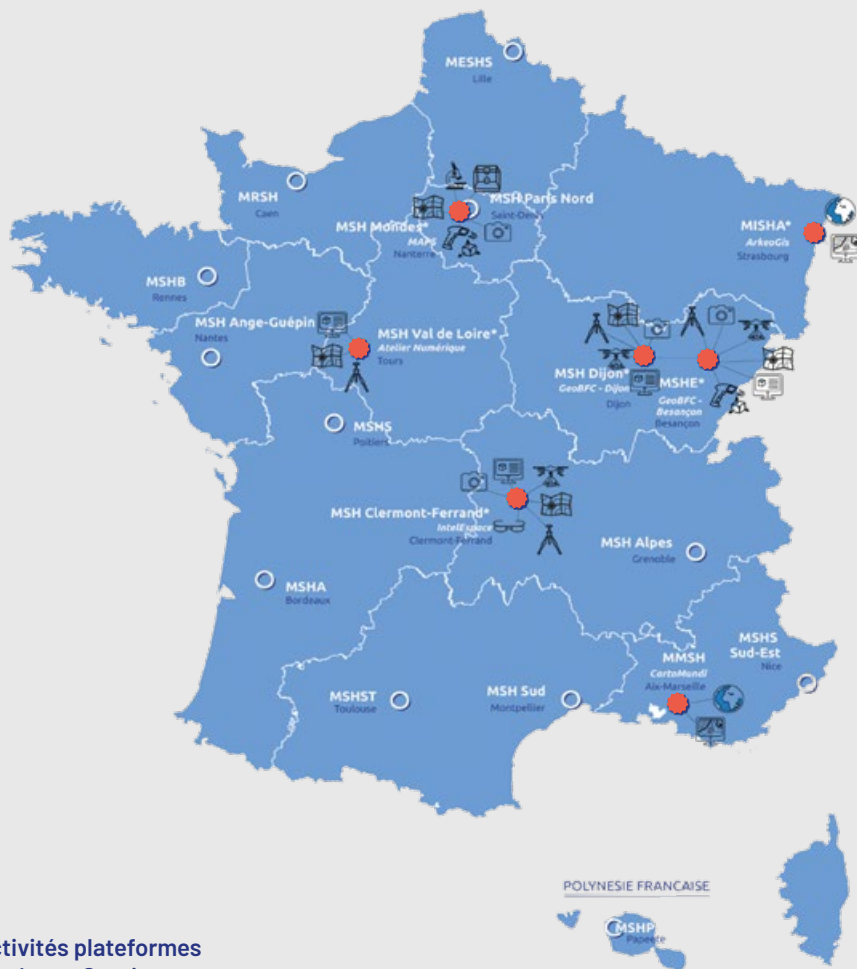
La complexité du réseau réside dans la diversité des activités proposées au sein de chaque plateforme. Afin de mieux les appréhender, il est apparu nécessaire de regrouper ces plateformes en différentes catégories :

² Ce point avait d'ailleurs été affiché comme une priorité lors de la construction de la fiche de poste pour la présente mission sur le réseau Spatio du RnMSH.

³ Il s'agit d'un système de gestion de bases de données (SGBD) polyvalent, conçu pour traiter divers types de données tout en répondant spécifiquement aux enjeux de la recherche en sciences humaines et sociales (SHS). Le logiciel, élaboré par Ian Johnson de l'université de Sydney, est hébergé par l'IR* Huma-Num.

⁴ Philippe Vendrix, Serge Wolikow, *Le Réseau national des Maisons des Sciences de l'Homme : une infrastructure de recherche au service des SHS*, RnMSH, 2016, p.10.

⁵ Anciennement nommée Archéoscopie, la plateforme a changé son nom pour MAPS – Imagerie des patrimoines et spatialisation – en 2023.



Activités plateformes du réseau Spatio

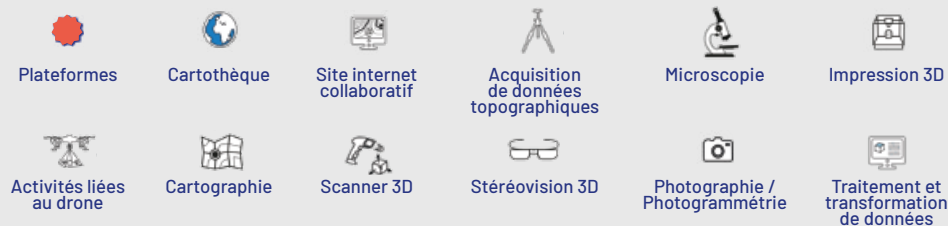


Figure 1 : Carte des plateformes Spatio

- Les « plateformes d'accompagnement », qui fournissent une expertise (conseil ou traitement de données) et qui ne disposent pas d'équipements spécifiques pour appuyer leurs activités
- Les plateformes dotées d'un plateau technique, qui, en plus d'apporter un soutien aux chercheurs, mettent à disposition toute une gamme d'équipements technologiques, pouvant être déployés sur le terrain ou rester au sein de la MSH
- Les plateformes qui reposent sur des sites internet collaboratifs

ORGANISATIONS STRUCTURELLES DES PLATEFORMES ET LABELLISATION EN TANT QUE PLATEFORMES DU RnMSH

Trois plateformes se distinguent par leurs organisations structurelles : l'Atelier numérique de la MSH Val de Loire, SHERPA (Science de l'Homme et de l'Environnement - Ressources, Partage, Accompagnement) de la MSHE - Besançon, et la plateforme HN (Humanités Numériques) de la MSH de Dijon. Elles sont qualifiées de plateformes « englobantes »⁶, ce qui signifie qu'elles regroupent dans un même lieu l'ensemble des plateformes labellisées par le RnMSH qu'elles hébergent, dans le but de « briser les murs entre l'ensemble des acteurs de chaque plateforme » (propos tenu par un responsable d'une de ces plateformes). À la MSH Val de Loire, les bureaux sont partagés entre les plateformes Audio-Visio, Scripto et Spatio. À la MSHE, au sein de SHERPA, on retrouve les plateformes Cogito (ESCCo : Expérimentation pour les Sciences du Comportement et de la Cognition), Scripto (NuANCES : Numérisation et Analyse de Corpus pour la Recherche Scientifique) et Spatio avec GeoBFC Besançon (Géomatique Bourgogne Franche-Comté). De même, à la MSH de Dijon, la plateforme regroupe un pôle Scripto, ADN (Archives, Documentation et Numérisation), un autre du réseau Data, la PUDD (Pôle Universitaire de Données de Dijon) et enfin GeoBFC Dijon pour le réseau Spatio. Deux plateformes composent une même entité à l'échelle régionale, GeoBFC Dijon et GeoBFC Besançon. Même si chacune travaille à l'échelle locale, dans le périmètre de sa MSH, ces deux entités œuvrent pour mutualiser des équipements, collaborer et développer des axes communs à l'échelle régionale.

Les sept plateformes du réseau Spatio ont toutes été labellisées lors de la campagne de 2015-2016. Avant cette période, de nombreux pôles ou services existaient déjà et ont dû évoluer pour correspondre aux exigences du RnMSH pour la labellisation, en particulier en ce qui concerne la pluridisciplinarité. Parmi les plateformes enquêtées, la plus ancienne date de 2001. Il s'agit de la plateforme MAPS de la MSH Mondes - Nanterre. Toutes ces plateformes se sont progressivement structurées à partir des années 2000. L'ancienneté plus ou moins marquée des plateformes ne semble pas être un facteur déterminant en ce qui concerne la diversité des activités qu'elles proposent.

En ce qui concerne la gouvernance des plateformes, elle se structure autour de la présence d'au moins un responsable de plateforme, avec certaines bénéficiant également d'un référent scientifique. Pour les décisions d'ordre plus global définissant la stratégie future de

⁶ Le responsable de la plateforme Spatio de l'Atelier Numérique a utilisé ce terme pour décrire le regroupement, sous une seule appellation, des trois plateformes présentes à la MSH Val de Loire (Audio-Visio, Scripto et Spatio).

celle-ci, diverses entités interviennent selon les spécificités des MSH : conseil d'unité, conseil de laboratoire, conseil des directeurs, ou conseil scientifique. Les responsables rendent compte à ces conseils, chacun ayant une portée distincte. Les comités de pilotage sont également fréquents, chargés d'évaluer les orientations de la plateforme et de son conseil scientifique, afin de réaliser des bilans et définir les perspectives de recherche. Certaines possèdent également un conseil des plateformes, qui permet de faciliter les échanges entre les différents pôles d'ingénierie présents au sein d'une même MSH, dans le cas des plateformes « englobantes ». En ce qui concerne des activités spécifiques, au sein de certaines plateformes, des conseils scientifiques dédiés sont instaurés pour évaluer la faisabilité des demandes. C'est par exemple le cas avec le comité scientifique chargé de valider les demandes d'utilisation du MEB à la plateforme MAPS de la MSH Mondes. Ce comité joue également un rôle consultatif dans la définition des orientations scientifiques liées à l'utilisation de cet équipement. Pour les deux plateformes GeoBFC, un Conseil d'Orientation Scientifique de Fédération des deux MSH permet d'aborder les questions transversales et communes.

PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES PLATEFORMES

Le processus de construction des plateformes est souvent le même : pour la plupart, elles se sont construites à partir d'un socle existant, un service ou un pôle plus ancien, lequel était issu d'un projet spécifique ou d'un besoin particulier émanant d'une équipe ou d'un chercheur.

Dans le cas de deux des sept plateformes (la MSH de Dijon ainsi que la MSH Mondes de Nanterre), ce sont principalement des problématiques archéologiques qui ont motivé le développement d'une plateforme. À Dijon, l'ancien PGC (Pôle Géomatique et Cartographie), aujourd'hui GeoBFC - Dijon s'est construit à partir des besoins d'accompagner l'archéologie et de développer des liens méthodologiques entre cette discipline et la géomatique. À Nanterre, la pluridisciplinarité est née de l'acquisition du microscope électronique à balayage (MEB), ce qui a ouvert davantage d'horizons au monde scientifique et a conduit à la création de la plateforme MAPS. En ce qui concerne l'émergence de la plateforme IntelEspace à la MSH de Clermont-Ferrand, les deux premiers responsables étaient spécialistes de l'environnement. La volonté du Conseil général du Puy-de-Dôme de mener des recherches alliant environnement et archéologie a été moteur dans la création de la plateforme, d'abord orientée dans cette optique avant de diversifier ses domaines d'expertise. À la MSHE de Besançon, l'activité de géomatique est issue d'un projet de recherche majeur portant sur un cadastre. Ce projet a mis en évidence la nécessité de mettre en place des bases de données pour optimiser le développement du projet et d'accroître les services en géomatique. Les deux sites internet collaboratifs du réseau (CartoMundi - MMSH, et ArkeoGIS - MISHA) se sont construits à partir de problématiques différentes. Pour CartoMundi, l'objectif initial de la création de ce site était en premier lieu de soutenir et d'assister le développement des cartothèques au sein des universités. Quant à ArkeoGIS, des données archéologiques existaient déjà autour du bassin du Rhin, principalement du côté allemand. L'ingénieur responsable de la plateforme a souhaité favoriser l'expansion des recherches du côté français de la frontière afin d'obtenir une perspective plus européenne des recherches archéologiques dans cette région. Enfin, l'Atelier numérique, a vu

le jour grâce au décloisonnement des plateformes présentes au sein des laboratoires de recherche, conduisant à leur regroupement au sein de la MSH Val de Loire.

Historiquement, l'archéologie, de même que les sciences de l'environnement, ont donc été des disciplines motrices dans l'émergence des plateformes. Cependant, au fil du temps, ces domaines se sont élargis pour proposer des activités plus variées au service des sciences humaines et sociales (SHS) et au-delà dans certains cas.

LES PLATEFORMES SPATIO ET L'INGÉNIERIE TECHNOLOGIQUE ET INSTRUMENTALE

Pour quatre de ces plateformes, ces activités s'accompagnent d'une gamme d'équipements, de hauts degrés de sophistication technologique pour certains et pouvant imposer des contraintes d'utilisation. Ces éléments seront détaillés ultérieurement. Plusieurs de ces plateformes dépendent en partie étroitement de ces équipements : les offres d'expertise et de services étant articulées autour de ces parcs instrumentaux. C'est le cas des plateformes GeoBFC (Dijon et Besançon), IntelEspace (Clermont-Ferrand) ainsi que MAPS (MSH Mondes). Les plateformes doivent être en mesure de répondre aux besoins des chercheurs et des utilisateurs, tout en tenant compte des exigences liées à la manipulation de certains équipements, parfois contraignantes.

Personnels des MSH dans les plateformes SPATIO

28 personnels répartis dans les 7 plateformes

21 titulaires (75%)

13 CNRS

AU TOTAL

19,23 ETP

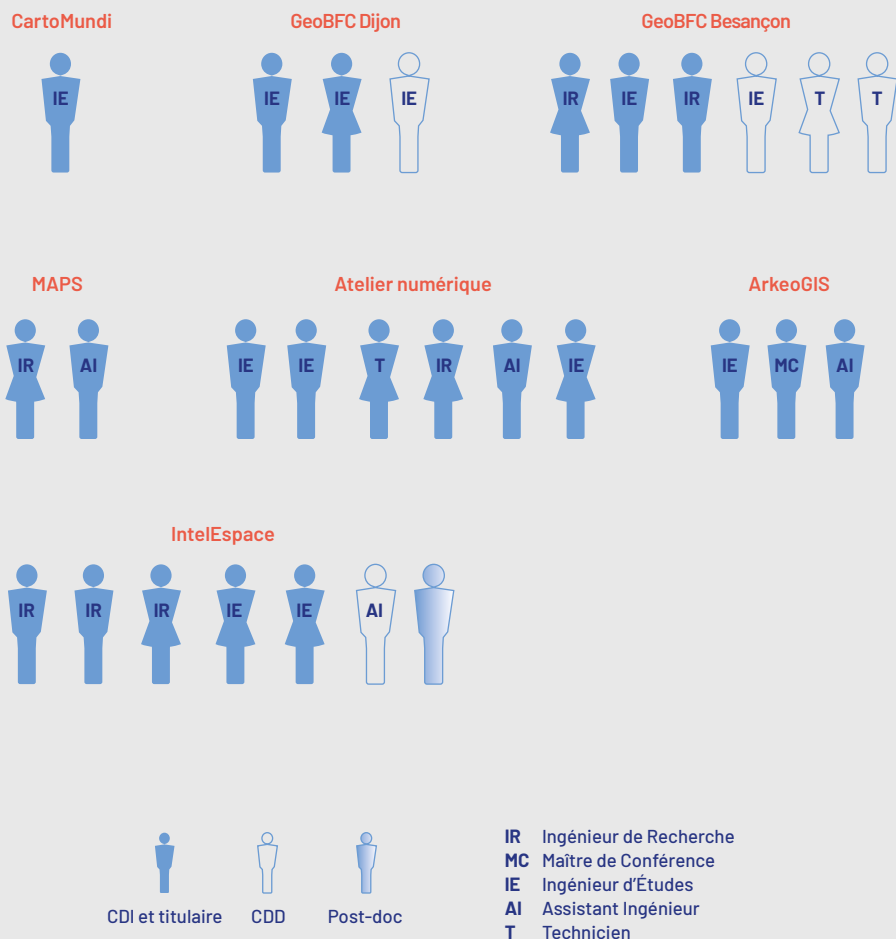


Figure 2 : Répartition des personnels par plateforme

III - LES PERSONNELS DES PLATEFORMES SPATIO

Comme illustré dans cette première présentation des plateformes du réseau Spatio, les activités reposent sur l'expertise et les compétences des professionnels présents au sein de chaque plateforme. Le nombre de personnels dédiés varie d'une plateforme à l'autre, mais ils partagent tous des profils similaires, issus de la BAP D (Branche d'Activité Professionnelle)⁷, se répartissant entre trois grandes familles d'activités professionnelles⁸ :

- BAP D « Sciences de l'information géographique »
- BAP D « Production, traitement et analyse des données »
- BAP D « Recueil et analyse des sources archéologiques »⁹

Actuellement, 28 personnes contribuent au fonctionnement des plateformes du réseau Spatio. Toutes ne sont pas engagées à temps plein dans chaque plateforme et peuvent y consacrer des quotités de travail variables. Il est donc difficile d'établir une moyenne dans la répartition des effectifs à l'échelle de l'ensemble du réseau.

RÉPARTITION DU PERSONNEL TITULAIRE OU PERMANENT

Parmi les 28 membres du réseau Spatio, 21 sont titulaires ou permanents, représentant ainsi 75% du personnel travaillant pour les plateformes Spatio. De ces 21 personnes, 13 sont employées par le CNRS, tandis que les 8 autres le sont par une des universités tutelle de leur MSH. Chaque plateforme compte au moins une personne titulaire, avec une exception à la plateforme CartoMundi (MMSH – Aix-Marseille), où l'ingénieur responsable est également le seul membre du personnel. En général, le nombre de titulaires varie entre 2 et 3 personnes, atteignant 6 personnes à l'Atelier numérique (MSH Val de Loire), où l'ensemble du personnel est titulaire ou permanent au sein de la plateforme.

RÉPARTITION DU PERSONNEL NON-PERMANENT

Le personnel non-permanent est relativement minoritaire dans la répartition des ressources humaines au sein des plateformes du réseau. Néanmoins, il convient de nuancer cette remarque : l'enquête fait, en effet, un état des lieux en 2023. Certaines plateformes ont pu par le passé accueillir davantage de personnels non-permanents, recrutés sur projets ou sur des financements fléchés. Au total, on recense 7 personnels non-permanents. Toutes les

⁷ Ces descriptions sont issues du REFERENS III (RÉFérentiel des Emplois-types de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur).

⁸ https://data.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pages/la_bap/?refine.referens_bap_id=D#DC (consulté en février 2024).

⁹ Les tableaux récapitulatifs sont disponibles en annexe.

plateformes ne sont pas concernées. La durée des contrats varie de 6 mois à plus de 3 ans en fonction des situations. Il est également à noter la présence d'un contrat post-doctoral.

PFT	CartoMundi	GeoBFC Dijon	GeoBFC Besançon	MAPS	IntelEspace	ArkeoGIS	Atelier Numérique
Titulaires et CDI	1 titulaire (AMU)	2 titulaires (1 UB et 1 CNRS)	3 titulaires (1 UFC et 2 CNRS)	2 titulaires (2 CNRS)	3 titulaires et 1 CDI (2 UCA et 2 CNRS)	3 titulaires (1 Unistra et 2 CNRS)	5 titulaires et 1 CDI (2 UT et 4 CNRS)
CDD		1 CDD	3 CDD		2 CDD et 1 post-doc		

Figure 3 : Personnels permanents et CDD par plateforme

ETP (ÉQUIVALENT TEMPS PLEIN)

La quotité de travail allouée aux plateformes pour chaque membre du personnel peut différer. Cela est lié à la répartition du temps de travail en ingénierie et s'explique par diverses raisons. Certains agents peuvent avoir d'autres responsabilités, en plus de celles liées à la plateforme, nécessitant un investissement en temps supplémentaire. De plus, les compétences de chaque individu peuvent être réparties entre différentes plateformes au sein de la MSH. Il est également possible qu'un membre du personnel partage son temps entre la MSH et des laboratoires de l'université, comme par exemple à la MSH Val de Loire.

En examinant les équivalents temps plein, on constate des variations considérables d'une plateforme à une autre. Les ETP ont été déterminés en considérant qu'une personne consacrant 100% de son temps à l'une des plateformes avait un ETP équivalent à 1. Contrairement à une idée préconçue, ce ne sont pas nécessairement les plateformes avec le plus grand nombre de personnels qui affichent automatiquement les ETP les plus élevés. L'ETP total, qui additionne les temps de travail de l'ensemble des personnels des plateformes du réseau Spatio, s'élève à 19,23. L'écart va de 1 à 7 ETP selon la plateforme, avec une moyenne de 2,75 ETP. Deux plateformes possèdent un ETP. Il s'agit d'ArkeoGIS (MISHA) ainsi que CartoMundi (MMSH). Mais alors que pour CartoMundi, une seule personne est en charge de la plateforme à temps plein, à ArkeoGIS, il y a une répartition du temps des personnes s'impliquant dans celle-ci, afin que les trois personnes travaillant en collaboration parviennent à un ETP de 1, tout en ayant d'autres activités en parallèle au sein de la MISHA ou de l'université de Strasbourg. De même, l'Atelier numérique, bien qu'employant 6 personnes, affiche un ETP de 1,38 pour la plateforme Spatio. Seul le responsable de Spatio peut se consacrer à temps plein pour la plateforme. De manière similaire, la plateforme GeoBFC de la MSHE, avec une équipe de 6 personnes, présente un ETP global de 3,85. Pour les trois autres plateformes (IntelEspace - Clermont-Ferrand, GeoBFC - MSH Dijon et MAPS - MSH Mondes), l'ensemble du personnel a une quotité de travail à 100% pour la plateforme, avec 7 ETP pour IntelEspace, 3 ETP pour GeoBFC Dijon et 2 ETP pour MAPS.

STATUT DES PERSONNELS DES PLATEFORMES DU RÉSEAU SPATIO

Parmi les 28 membres actuels des plateformes du réseau Spatio, 10 sont ingénieurs de recherche (IR) : 2 à GeoBFC Besançon, 1 à ArkeoGIS, à l'Atelier numérique, ainsi qu'à MAPS, et 5 à IntelEspace. Les ingénieurs d'études (IE) sont au nombre de 12 : 3 à GeoBFC Dijon, 3 à l'Atelier numérique, 2 à GeoBFC Besançon, de même qu'à la plateforme IntelEspace, avec 1 personne à ArkeoGIS et à MAPS. Les 3 assistants ingénieurs (AI) sont répartis dans les plateformes ArkeoGIS, Atelier numérique et MAPS. Enfin, les 3 techniciens (T) sont répartis de la façon suivante : 2 agents à GeoBFC Besançon et 1 personne à l'Atelier numérique. Concernant les responsables des plateformes du réseau, on observe la présence de trois disciplines distinctes :

- ▮ Des archéologues (GeoBFC Besançon, ArkeoGIS, MAPS)
- ▮ Des géomaticiens (GeoBFC Dijon, CartoMundi, IntelEspace)
- ▮ Ainsi qu'un géographe/cartographe (Atelier numérique)

PFT	Nbr Personnel	Titulaires	CNRS	ETP	IR	IE	AI	T	Poste du responsable de la PFT
MSH de Dijon	3	2	1	3		3			Géomaticienne
MSHE	6	3	2	3.85	2	2		2	Archéologue
MISHA	3	3	2	1	1	1	1		Archéologue
MMSH	1	1		1		1			Géomaticien
MSH VdL	6	6	4	1.38	1	3	1	1	Géographe cartographe
MSH Clermont	7	4	2	7	5	2			Géomaticien
MSH Mondes	2	2	2	2	1		1		Archéologue
Total	28	21	13	19.23	10	12	3	3	

Figure 4 : Tableau récapitulatif des personnels par plateforme

Ces éléments soulignent la flexibilité des ressources humaines au sein des plateformes, contribuant à une distribution variable des effectifs en fonction des besoins spécifiques de chaque entité. Après avoir examiné la distribution du personnel au sein de chaque plateforme, nous allons nous intéresser aux activités proposées par chacune d'entre elles. Certaines activités sont partagées par plusieurs plateformes, tandis que d'autres sont hautement spécifiques, générant ainsi une diversité au sein du réseau.

IV - LES ACTIVITÉS DES PLATEFORMES SPATIO

Trois grandes catégories d'activités émergent au sein du réseau Spatio : la géomatique, l'imagerie et la microscopie, que nous regrouperons pour les besoins de notre rapport, ainsi que les activités liées aux web, comme les sites Internet ainsi que la création d'application et le développement du webmapping.

Il est également essentiel de souligner que, quels que soient leurs orientations de recherche, leur mode de fonctionnement, et les activités qu'elles sont en mesure de proposer, ces plateformes sont avant tout des structures dotées de personnel possédant des domaines d'expertise précis. Cela permet aux chercheurs, ainsi qu'à toute personne en faisant la demande, de bénéficier d'un accompagnement et d'un appui à la recherche auprès d'experts. Il ne faut pas pour autant oublier que ces plateformes ont des missions variées. Malgré des divergences dans les activités proposées, on observe que la plupart de ces missions sont partagées par quasiment l'ensemble des plateformes. Premièrement, il y a la question du soutien à la recherche, que ce soit en offrant une assistance aux équipes de recherche et aux doctorants en sciences humaines et sociales (SHS), en apportant un appui aux programmes de recherche, ou en collaborant avec des partenaires institutionnels. Les plateformes sont également utiles pour accueillir des chercheurs et des étudiants pendant la durée de leurs travaux de recherche. Cela facilite le partage non seulement des compétences, mais également des équipements. Elles peuvent organiser des formations, réaliser de la veille technologique et expérimentale pour renforcer leurs compétences. Certaines d'entre elles, à l'exemple d'IntelEspace, concentrent leurs missions au cœur des activités liées à la géomatique. Elles se définissent elles-mêmes comme des entités assurant une « mission de recherche et de développement méthodologique ». D'autres adoptent une vision plus générale, proposant des activités dans divers domaines. Enfin, elles jouent un rôle essentiel dans la valorisation et la communication de leurs travaux. Cela peut impliquer la diffusion pédagogique, la valorisation scientifique, l'organisation de formations, de colloques, de journées d'études, de publications, ainsi que des partenariats avec des institutions tels que des musées pour la réalisation d'expositions.

Maintenant, nous allons présenter le domaine qui semble être le plus important dans ce réseau, et qui apparaît comme le lien ayant conduit à l'édification et au regroupement de ces plateformes, au sein du réseau Spatio. Il s'agit de la géomatique.

LA GÉOMATIQUE

La géomatique englobe diverses activités, mais toutes les plateformes opérant dans ce domaine ne proposent pas nécessairement l'ensemble de ces opportunités. Les activités liées à la géomatique au sein des plateformes en SHS peuvent être conceptualisées comme une chaîne opératoire, débutant par l'acquisition sur le terrain et se poursuivant par différents types de traitements des données une fois de retour à la MSH. Les annexes fourniront des détails sur la manière dont chaque plateforme a développé son offre de services. Ce résumé se concentrera sur les étapes clés de la chaîne opératoire, à savoir l'acquisition de données géolocalisées, le traitement et la transformation des données géoréférencées,

ainsi que l'analyse et l'interprétation qui intègrent la cartographie. Certaines activités peuvent être définies à la fois comme relevant de la géomatique et comme ayant un lien avec l'imagerie. Par conséquent, nous avons choisi de les inclure dans les deux domaines.

Voici un aperçu de ce que chaque plateforme peut offrir à ses utilisateurs (les expressions utilisées sont celles fournies par les responsables et les membres du personnel travaillant au sein de ces plateformes) :

GeoBFC Dijon

Acquisition de données géolocalisées

- Numérisation/vectorisation et constitution de bases de données géographiques
- Acquisition par drones (en fonction des capteurs : images, nuages de points...)
- Acquisition de données topographiques à l'aide de GPS différentiels ou d'une station totale
- Montage, suivi, évaluation et expertise d'une acquisition LiDAR aéroportée par un prestataire

Traitement et transformation des données

- Modélisation et conceptualisation de MCD (modèle conceptuel de données) *via* des langages et des outils de modélisation (UML par exemple)
- Conception de SIG
- Mise en place de protocole et de chaîne de traitement pour les projets auxquels participe le pôle
- Post-traitement des données acquises sur le terrain
- Photogrammétrie
- Interprétation des données LiDAR

Analyse spatiale et interprétation

- Conception de bases de données (BDD)
- Gestion et administration des SIG et BDD du pôle et des projets auxquels participe le pôle, appui pour le stockage des bases de données et accès aux utilisateurs
- Expertise méthodologique et technique sous SIG et outils spécialisés en analyse spatiale
- Analyse statistique pour les données spatiales
- Analyse topographique
- Conception d'atlas et de cartes sous SIG
- Conception de bloc topographique 3D (bloc diagramme)
- Création d'application de cartographies en ligne (webmapping)

Géomatique



5 MSH sur 7

environ 70% des plateformes du réseau Spatio

Atelier numérique - MSH Val de Loire

GeoBFC Besançon - MSHE

GeoBFC Dijon - MSH Dijon

IntelEspace - MSH Clermont Ferrand

MAPS - MSH Mondes

Acquisition de données géolocalisées

- Acquisition par drone (LiDAR aéroporté, photographie), de données topographiques à l'aide de GPS, tachéomètre, lasermetre
- Photogrammétrie (de terrain)
- Scanner 3D (de terrain)
- Recherche d'information géographique

Traitement et transformation des données

- Conception de SIG
- Post traitement des données acquises sur le terrain, orthophotographie, modélisation 3D
- Analyse spatiale, interprétation des données LiDAR, cartographie

Analyse spatiale et interprétation

- Conception, gestion et administration de bases de données
- Fairisation des données, PGD, diffusion
- Analyse statistique pour les données spatiales
- Stockage des données géographiques
- Conception de cartes à partir d'un modèle SIG adapté
- Mise en place de portails cartographiques en ligne, restitution cartographie des données
- Catalogage de données géographiques, cartographie d'édition
- Publication de données sur l'infrastructure de données spatiales (IDS)
- Création d'application de cartographies en ligne (webmapping)

Figure 5 : Typologie des activités liées à la géomatique des plateformes du réseau Spatio

GeoBFC Besançon

Acquisition de données géolocalisées

- LiDAR aéroporté
- Photographie par drone
- Photogrammétrie (terrain)
- Scanner 3D (terrain)

Traitement et transformation des données

- Photogrammétrie : orthophotographie
- Traitement LiDAR
- Traitement Scan 3D terrain : modélisation 3D
- Cartographie

Analyse spatiale et interprétation

- Mise en place de portails cartographiques en ligne
- Publication de données sur l'infrastructure de données spatiales (IDS)
- Bases de données : administration de données (création et gestion de bases de données), fairisation des données, PGD, diffusion

Atelier numérique

Collecte de données géolocalisées

- Acquisition de données localisées (via LiDAR, tachéomètre, lasermetre, prise de vue par drone...)
- Recherche d'information géographique

Traitement et transformation des données

- Analyse spatiale

Analyse spatiale et interprétation

- Constitution de bases de données
- Cartographie d'édition
- Restitution cartographique des données (interface web)
- Stockage des données géographiques
- Catalogage de données géographiques

IntelEspace

Acquisition de données géolocalisées

- Acquisition de données par drone à l'aide de différents capteurs : LiDAR, multispectral (Micasense RedeEdge et Altum), thermique (Flir 640R et Altum)
- Acquisition de photographies aériennes obliques prises en vol basse altitude
- Photogrammétrie multi-images

Traitement et transformation des données

- Post-traitement de données LiDAR (Light Detection & Ranging) aéroportées, qui consiste à filtrer, classifier les données
- Cartographie à partir de données images, aériennes ou satellitaires, actuelles ou anciennes

Analyse spatiale et interprétation

- Interprétation de données LiDAR dans des perspectives archéologiques ou géoenvironnementales
- Cartographie et analyse spatiale diachronique de données actuelles, historiques ou archéologiques
- Modélisation 3D et quantification des changements de volume (érosion de pierres architecturales, croissance de végétation)

MAPS

Analyse spatiale et interprétation

- Conception de cartes à partir d'un modèle SIG adapté
- Récupération d'anciennes données de recherche pour qu'elles puissent être importées dans un logiciel SIG à des fins d'élaboration de cartes de répartition spatiale

L'IMAGERIE ET LA MICROSCOPIE

Le terme « imagerie » englobe toutes les activités permettant d'obtenir des images à l'aide de divers équipements et de les traiter ensuite. De façon globale, elle correspond d'une part à l'imagerie 3D utilisant des scanners 3D pour la restitution d'objets de petite ou grande taille, et enfin à la microscopie, cette dernière étant définie comme « un ensemble de techniques d'imagerie d'objets de petites dimensions ». Plusieurs plateformes au sein du réseau ont la capacité d'offrir ce type de missions. Certaines proposent des services d'imagerie liés spécifiquement à l'information géographique comme GeoBFC Dijon. D'autres associent des services d'imagerie liée à l'information géographique, à de l'imagerie 3D comme GeoBFC Besançon et IntelEspace (Clermont-Ferrand). Enfin à MAPS (MSH Mondes), l'offre de services concerne surtout la microscopie et l'imagerie 3D.

Imagerie liée à l'information géographique et imagerie 3D

Les plateformes qui disposent de ces services, interviennent aussi bien dans l'acquisition d'images par le biais d'équipements que dans le traitement puis l'analyse de celles-ci. Ces plateformes peuvent réaliser des activités tels que la photogrammétrie, la restitution 3D ou le traitement de photographies aériennes. Il existe plusieurs cas de figure pour ces types d'activités. Les personnels de ces plateformes peuvent intervenir à la fois au sein de la MSH ou être amenés à se déplacer sur le terrain avec les équipements. La mobilité des équipes peut être due à diverses raisons, comme la nature volumineuse ou fragile des objets à manipuler, les rendant impossibles à déplacer. Les équipes peuvent intervenir sur des sites liés à leurs recherches ou à celles de leurs utilisateurs, comme des sites archéologiques ou des reliefs montagneux.

Voici quelques exemples d'activités réalisées au cours des dernières années par les plateformes du réseau, ainsi qu'un aperçu des principales activités liées à l'imagerie au sein du réseau Spatio :

GeoBFC Dijon

L'ingénieur en charge de ce travail utilise des données géographiques et cartographiques, notamment des images aériennes acquises par drone, pour fournir des informations précises sur le terrain étudié. Il est actuellement en charge d'une campagne de photogrammétrie sur le site préhistorique des Marais de Saint-Gond, dans la Marne.

- Imagerie par drone
- Photographie aérienne
- Photogrammétrie

Imagerie et Microscopie



4 MSH sur 7
environ 58% des plateformes du réseau Spatio

GeoBFC Besançon - MSHE
GeoBFC Dijon - MSH Dijon
IntelEspace - MSH Clermont Ferrand
MAPS - MSH Mondes

Imagerie liée à l'information géographique

- Photogrammétrie, photogrammétrie stéréoscopique numérique, photogrammétrie multi-images
- Imagerie par drone
- Photographie aérienne
- Modélisation 3D sur le terrain
- Cartographie et modélisation de données référencées spatiales 2D et 3D

Imagerie 3D

- Scanner 3D (d'objets), métrologie 3D haute précision, numérisation
- Photogrammétrie (d'objets)
- Restitution 3D
- Modélisation 3D

Microscopie

- Loupe binoculaire
- Microscope optique à réflexion, microscope optique polarisant
- Microscopie corrélative
- Microscope Électronique à Balayage (MEB)
- Acquisition et analyse d'images des échantillons

Figure 6 : Typologie des activités liées à l'imagerie et à la microscopie des plateformes du réseau Spatio

GeoBFC Besançon

La plateforme vient de finaliser un projet de numérisation avec le musée d'Avallon (Yonne, Bourgogne-Franche-Comté). Le musée a fait appel aux services de la plateforme afin de numériser une collection de statues qu'il possède. Deux méthodes ont été déployées par l'ingénieure en charge de ce projet : une solution métrologique haute précision en 3D et la photogrammétrie qui permet de donner « aux modèles numérisés une texture et une colorimétrie au plus près de l'objet réel ».

- Acquisition aérienne par drone
- Scanner 3D
- Modélisation 3D sur le terrain
- Photogrammétrie

À noter qu'à la MSHE de Besançon, dès les travaux de construction, a été prévue dans le cahier des charges du bâtiment qui accueille actuellement la plateforme GeoBFC, une salle spécifique pour réaliser les scans 3D, construite sur une dalle qui absorbe les chocs et les tremblements. Cela évite de perturber le fonctionnement des scanners par des vibrations.

MAPS

Des recherches sont menées en collaboration avec le personnel de la plateforme dans la Grotte du Bison (Arcy-sur-Cure, Yonne). La photogrammétrie a été utilisée pour créer une modélisation en 3D de la grotte ainsi que de ses peintures rupestres.

- Modélisation 3D (photogrammétrie et scanner)
- Impression 3D

IntelEspace

La plateforme a utilisé la photogrammétrie multi-images (SfM) dans la grotte de Sarcoui (Orcines, Puy-de-Dôme), pour créer une modélisation 3D de celle-ci.

- Photogrammétrie stéréoscopique numérique
- Photogrammétrie multi-images (SfM : Structure from Motion)
- Photographie aérienne
- Cartographie et modélisation de données référencées spatiales 2D et 3D
- Stéréovision 3D

Les travaux d'imagerie, liés à l'information géographique et l'imagerie 3D, sont réalisés à l'aide de matériels d'acquisition très spécifiques.

LA MICROSCOPIE

Une seule plateforme offre ce service, à savoir MAPS de la MSH Mondes – Nanterre, bien qu'une autre plateforme dispose également d'équipements de ce type (GeoBFC Besançon). Un projet est actuellement en phase de réflexion pour élaborer de nouvelles activités à développer autour de ces appareils, qui sont peu utilisés pour le moment.

La plateforme MAPS est équipée de plusieurs types de microscopes lui permettant de répondre de manière précise aux besoins des utilisateurs en fonction de leur objet d'étude. Deux salles dédiées, au sein de la MSH Mondes, sont entièrement équipées de microscopes, comprenant une variété d'instruments, dont plus d'une dizaine est disponible et mise à disposition des usagers. Les utilisateurs ont accès à des loupes binoculaires, des microscopes pour la microscopie optique, ainsi que pour la microscopie corrélative. La manipulation de ces équipements est ouverte à tous (étudiants et chercheurs), sous réserve d'avoir préalablement obtenu l'autorisation de la responsable de la plateforme. En fonction de l'expérience et des connaissances des utilisateurs, la responsable dispense une formation plus ou moins approfondie, visant non seulement à optimiser l'utilisation des appareils, mais également à prévenir tout dommage inutile. La plateforme est également dotée d'un MEB (Microscope Electronique à Balayage). Cette activité, plus courante dans les sciences dures, demeure assez rare en sciences humaines. Grâce à ce microscope, la plateforme peut générer des images d'une résolution très élevée et, si nécessaire, fournir des analyses chimiques des objets ou échantillons étudiés. Cela favorise une ouverture vers l'interdisciplinarité au-delà du seul domaine des sciences humaines.

LE WEB

Nous n'évoquerons ici que les sites internet collaboratifs. Qu'entend-on à travers cette expression? L'expression « collaboratif » est utilisée parce que ces sites permettent soit aux utilisateurs d'ajouter directement leurs propres données pour enrichir le site, soit aux partenaires de contribuer, en intégrant leurs informations au site internet.

ArkeoGIS

Initialement axée sur l'archéologie, la plateforme ArkeoGIS offre aux utilisateurs la possibilité de visualiser leurs données spatiales. Au fil des évolutions, elle s'élargit pour englober des domaines variés liés à l'environnement et à l'hydrologie. L'objectif principal de la plateforme est de permettre à quiconque le souhaite de publier ses recherches en cartographiant un site ou une activité. L'accent n'est pas mis sur la fourniture d'informations détaillées telle qu'une liste de stratigraphies ou d'artefacts, mais plutôt sur la précision de l'indication des zones d'activités. Son objectif est de faciliter l'intégration des données de terrain des utilisateurs, dans des bases de données structurées sous forme de tableurs, qui seront ensuite présentées sur une carte. Chaque utilisateur identifié a alors la possibilité de consulter toutes les informations disponibles sur le site. La plateforme offre des fonctionnalités de recherche avancée, permettant aux utilisateurs de filtrer les données par thèmes, mots-clés grâce à un thésaurus étendu, ou par chronologie. Ils peuvent également accéder aux références bibliographiques associées, fournies par le propriétaire de la base de données liée au point recherché. Elle est multilingue (français, allemand, anglais et espagnol). En raison de la nature sensible des données disponibles, une inscription est obligatoire pour accéder à la navigation sur le site. Un autre outil, appelé ArkeOpen, reprend les principes d'ArkeoGIS, mais il ne nécessite aucune identification pour explorer le site. ArkeOpen utilise les bases de données d'ArkeoGIS que les utilisateurs ont choisi de partager avec l'ensemble de la communauté. Le site est hébergé par l'IR* Huma-Num, avec laquelle le responsable de la plateforme collabore depuis la création du projet. Récemment, les deux outils (ArkeoGIS et ArkeOpen) ont été déposés sur le cloud européen EOSC¹⁰.

CartoMundi

Le second site web, également lié à la cartographie interactive, se présente comme une bibliothèque numérique de cartes. L'objectif initial du projet était de simplifier le travail en regroupant des données (des cartes) dispersées dans les bibliothèques des universités. Structuré autour d'une interface cartographique géoréférencée, CartoMundi offre la possibilité de parcourir le catalogue à partir d'un planisphère interactif. Lorsqu'une carte est sélectionnée, tout utilisateur peut consulter sa fiche descriptive ainsi que la liste des lieux où les documents sont conservés. De plus, il a la possibilité de visualiser les documents qui ont été numérisés, voire d'en commander des reproductions. CartoMundi a établi des collaborations étroites avec diverses institutions tels que la BnF (Bibliothèque nationale de France), la BIS (Bibliothèque Interuniversitaire de la Sorbonne) et l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière). Elles sont toutes membres du comité de pilotage (Copil) de la plateforme. Ces partenaires jouent un rôle décisionnaire dans le développement et les orientations de CartoMundi. La réalisation et l'évolution de cet outil ont été

¹⁰ L'initiative European Open Science Cloud (EOSC) de la Commission européenne vise à développer un dispositif fournissant à ses utilisateurs des services de cloud computing pour les pratiques de science ouverte (<https://fr.wikipedia.org/wiki/EOSC> - consulté en février 2024).

WEB

2 MSH sur 7

environ 28% des plateformes du réseau Spatio

ArkeoGIS - MISHA

CartoMundi - MMSH



Cartographie interactive

- Importation qualifiée
- Cartographie
- Exportation normalisée, création de métadonnées pour faciliter les recherches
- Personnalisation
- Diffusion, exportation pour des publications
- Pérennisation

Cartothèque en ligne

- Facilitation du travail dans les cartothèques universitaires
- Rendre l'accès libre à toutes les cartes disponibles sur le site

Figure 7 : Typologie des activités liées au web des plateformes du réseau Spatio

rendues possibles grâce au financement apporté par CollEx-Persée dans le cadre du projet « Ouvrir CartoMundi – vers une plateforme intégrée de documentation cartographique ». Actuellement, une mise à jour du site est en cours de développement et devrait être déployée en 2024. Elle inclura l'intégration d'un outil auparavant distinct de CartoMundi, appelé Pericart¹¹.

LES PARTENARIATS¹²

Nous étudierons les différents types de partenariats au sein des plateformes du réseau Spatio en identifiant les caractéristiques spécifiques de chacun et en notant les partenaires communs à plusieurs plateformes pour mieux comprendre leurs implications. Nous intégrerons également les partenariats avec les réseaux et les consortiums afin d'avoir une vue d'ensemble. D'après les termes utilisés par les personnes interrogées dans le cadre de cette enquête, des regroupements ont été effectués afin d'englober les divers types de partenariats. Nous avons également adopté une typologie orientée vers les missions « générales » des plateformes Spatio, basée sur les divers domaines scientifiques et partenariaux des plateformes examinées dans le cadre de l'enquête.

Nous pouvons tout d'abord mentionner les partenaires de recherche privilégiés. Cela désigne les partenaires avec lesquels les ingénieurs collaborent le plus fréquemment, souvent en raison de la proximité des unités avec les membres des plateformes. Il s'agit notamment des laboratoires affiliés à l'université, des services faisant partie de la MSH, des

¹¹ <https://pericarte.mmsh.univ-aix.fr/peripage/ensavoirplus.html> (consulté en janvier 2024)

Pericart est un outil en ligne destiné à faciliter le géoréférencement des séries cartographiques et des monographies. Il s'inscrit dans le programme « Ouvrir CartoMundi » soutenu par le GIS CollEx-Persée. L'outil fonctionne sur des bases essentiellement graphiques. Il est manipulable par tous les cartothécaires, quelles que soient leurs compétences en SIG, en mathématiques ou en géodésie.

¹² Les partenaires avec lesquels les plateformes collaborent sont répertoriés en annexe.

universités et d'autres MSH en France. Cette catégorie englobe l'ensemble des acteurs liés à la recherche et à l'enseignement supérieur, facilitant la mise en place de collaborations, que ce soit en termes d'équipements, de partage de compétences ou d'accueil de chercheurs dans le cadre de projets de recherche.

Le deuxième type de partenariat concerne principalement les partenaires institutionnels, qu'ils soient publics ou privés. Cette catégorie englobe des entités administratives tels que les mairies, les conseils départementaux, les métropoles et les conseils régionaux. Elle inclut également des établissements publics à caractère administratif de recherches français, tel que l'INRAP, ou privés comme Archéologie Alsace, des services déconcentrés de ministères comme la DRAC ou la DREAL, ainsi que des établissements publics à caractère industriel et commercial français comme l'ONF (Office national des forêts). On y trouve également des institutions liées à l'environnement tels que les parcs régionaux, et les conservatoires d'espaces naturels. Des partenariats sont également établis avec des CRIGE (Centres de Ressources en Information Géographiques), acteurs régionaux essentiels en géomatique.

Ce type de partenariat inclut également les institutions partenaires, ou servant d'intermédiaires pour conclure des partenariats, qui facilitent la liaison entre les plateformes, le monde académique et les entreprises, favorisant ainsi les partenariats financiers. Parmi ces institutions, on peut citer les SATT (sociétés d'accélération du transfert de technologies) tels que la SATT SAYENS, avec laquelle collabore la plateforme GeoBFC de Dijon, UCA Partner en relation avec la plateforme IntelEspace de Clermont-Ferrand, ainsi que le DIM (Domaine de recherche et d'innovation majeurs) PAMIR (Patrimoines matériels – innovation, expérimentation, résilience) associé à la plateforme MAPS.

On identifie des catégories plus spécifiques, définies ainsi par les responsables des plateformes. Par exemple, dans la plateforme CartoMundi, le responsable considère le Copil de la plateforme comme étant les partenaires décisionnaires de la plateforme, c'est-à-dire qu'ils décident ensemble des orientations ainsi que des stratégies à suivre. Pour l'Atelier numérique, le responsable de la plateforme a mis en avant un Consortium Huma-Num, regroupant le consortium 3D et MASA+ ainsi que l'Huma-Num Box.

L'enquête a également révélé différentes catégories de partenaires, en fonction des spécialités des plateformes. Une première catégorie est liée à l'implication de la plateforme dans les réseaux métiers et les consortiums Huma-Num, comme par exemple l'ancien réseau inter-MSH ISA (Information spatiale et archéologie) présent dans les périmètres de 4 des 7 plateformes du réseau (Atelier numérique, IntelEspace, GeoBFC Dijon et Besançon), les groupements de recherche (GDR) comme MAGIS, ou encore les consortiums tel que MASA+ et le consortium 3D qui offre aux utilisateurs la possibilité de mettre en ligne leurs données via un visualiseur.

Une deuxième catégorie rassemble les partenaires collaborant avec les plateformes dans une perspective de valorisation, de diffusion des données. Cette catégorie inclut des acteurs locaux tels que des musées, comme c'est le cas de la plateforme IntelEspace à Clermont-Ferrand qui collabore étroitement avec le musée de Gergovie ainsi que le musée de la céramique de Lezoux, ou encore GeoBFC qui a établi un partenariat avec l'établissement public de coopération culturelle de Bibracte. On y trouve également des écosystèmes tels que les ateliers de la donnée (qui dans le cas de l'atelier de la donnée Centre Val de Loire

(ADCVL) est porté directement par la MSH Val de Loire) ainsi que le portail de diffusion de revues CAIRN.

Dans les deux cas, les partenaires valorisent les données des plateformes en lien avec les principes FAIR.

Enfin, les plateformes ont également des partenariats qui contribuent à leur financement, comme la plateforme ArkeoGIS. En effet, son projet repose sur la création d'un outil informatique constituant le cœur de son fonctionnement. Pour concrétiser ce projet, le responsable de la plateforme a dû mobiliser les financements nécessaires, non seulement pour la création initiale de l'outil, mais également afin d'assurer son évolution constante, son maintien ainsi que ses mises à jour pour une utilisation continue. Dans cette démarche, le responsable de la plateforme a pu compter sur divers partenaires financiers, allant de partenaires locaux telle que la fondation de l'université de Strasbourg, à des financements bien plus conséquents. Un exemple notable est le financement Interreg, un programme européen de coopération territoriale et transfrontalière... Globalement, toutes les plateformes développent ce type de partenariats afin de financer les projets et les équipements (région, etc.).

LA DIFFUSION DES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES LIÉS À L'ACCOMPAGNEMENT DE LA RECHERCHE ET À LA RECHERCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les plateformes diffusent et valorisent leurs activités en publiant des résultats et en accompagnant les projets de recherche, contribuant ainsi aux publications des chercheurs, ingénieurs et doctorants qu'elles accompagnent. De même, cela donne lieu à des communications lors de rencontres scientifiques type colloques, tables rondes ou séminaires. En outre, l'ingénierie développée dans les plateformes Spatio donne dans certains cas lieu à des recherches méthodologiques, lesquelles sont là encore diffusées auprès de la communauté scientifique et technique par le biais de la publication et de la communication. Ces recherches méthodologiques peuvent initier l'organisation de rencontres scientifiques pour réunir la communauté scientifique autour de ces questions. Ainsi, les plateformes GeoBFC Dijon et Besançon ont, par exemple, durant de nombreuses années, développé des approches méthodologiques en géomatique permettant d'aborder les questions de peuplement en archéologie par le biais des ANR ArchaeDyn, lesquelles ont été valorisées par de nombreuses publications et par l'organisation d'un colloque à Dijon. Plus récemment, le responsable de CartoMundi a participé à une conférence organisée par le CNES (Centre national d'études spatiales), au sujet du projet AFRICA, sur lequel collabore la plateforme¹³. Elle a eu lieu lors des conférences organisées par le CNES sur le thème « L'imagerie spatiale au service du patrimoine culturel », qui se sont déroulées du 2 au 3 novembre 2023.

¹³ Projet porté par Luc Lapierre (CNES). Le projet AFRICA est un système d'information géographique proposant des données dont la distribution spatiale s'étend de l'Égypte au Maroc.

LA VALORISATION SCIENTIFIQUE

Diverses activités sont organisées pour diffuser la science et la recherche au-delà du milieu universitaire, permettant ainsi la présentation des travaux des plateformes. Ces événements, adaptés aux publics ciblés, prennent différentes formes et différents niveaux de vulgarisation. Les plateformes ont mis en œuvre plusieurs initiatives visant à présenter localement et à mettre en avant les activités qui s'y déroulent. La MSHE a instauré des cycles de conférences, animées par ses partenaires scientifiques, comprenant notamment les « Instants archéo » et les « Jeudis de la MSHE »¹⁴, où la plateforme GeoBFC joue un rôle prépondérant. Les présentations sont enregistrées et disponibles sur le site de l'université de Franche-Comté. Certaines sont également accessibles sur Canal-U. GeoBFC de la MSH de Dijon a organisé régulièrement les « goûters de la géomatique ». C'est un moment convivial tourné vers les discussions et les échanges sur des questions méthodologiques et/ou techniques liées à l'information spatiale. Ils sont ouverts à tous, chercheurs, étudiants, professionnels, ou simples curieux intéressés par la géomatique. Il vise à créer une atmosphère inclusive et propice aux partages d'expériences. D'autres événements sont initiés et organisés par les plateformes afin de contribuer à la diffusion des résultats scientifiques et techniques de leurs activités à un plus large public. Ainsi, les plateformes Spatio participent régulièrement aux Nuits des chercheurs ou aux Fêtes de la science organisées chaque année sur leurs campus. Elles peuvent contribuer à des manifestations grand public plus ponctuelles comme l'Anniversaire de la MSH de Dijon, organisé en 2017 durant une semaine.

Elles valorisent également leurs activités lors d'événements ou de salons liés à leurs domaines de compétences comme des salons métiers par exemple. Dans ce cadre, GeoBFC Dijon va organiser un séminaire à l'automne 2024 en collaboration avec l'IGN sur les usages du LiDAR. Ce séminaire sera ouvert à l'ensemble des acteurs régionaux, usagers de cette technologie et de ce type de données, et ce, au-delà du monde scientifique car il vise spécifiquement des institutions et collectivités.

Par ailleurs, les plateformes peuvent participer à des opérations de valorisation scientifique par le biais d'expositions ou contribuer à des projets participatifs ouverts sur la société. GeoBFC Dijon ainsi a contribué à l'élaboration d'une maquette 3D, modélisée à partir de données LiDAR acquises par la plateforme. Cette maquette, développée dans le cadre de l'Observatoire Environnemental en collaboration avec la métropole de Dijon, a servi de socle à la valorisation des résultats scientifiques sur la qualité de l'air et l'îlot de chaleur urbain, élément central d'une exposition. Elle a également servi lors d'enquêtes réalisées auprès des habitants de la métropole. Dans un autre contexte, deux fois par an, la MSHE organise un Mapathon offrant une opportunité de sensibiliser au domaine de la cartographie tout en intégrant une dimension humanitaire puisque l'événement est mené en collaboration avec l'association CartONG¹⁵. Annuellement, plusieurs ingénieurs de la plateforme IntelEspace de Clermont-Ferrand organisent un symposium dédié aux étudiants spécialisés en céramologie. Il s'agit cette année du 8^e symposium consacré à la céramique antique. D'une durée de

¹⁴ <https://mshe.univ-fcomte.fr/les-jeudis-de-la-mshe> (consulté en décembre 2023)

¹⁵ L'évènement s'inscrit dans le cadre de l'initiative globale Missing Maps, projet humanitaire qui vise à cartographier en amont les parties du monde vulnérables aux catastrophes naturelles, crises sanitaires, environnementales, aux conflits et à la pauvreté.

8 jours, ce stage est destiné à former des étudiants de master et des doctorants, en cours de spécialisation dans ce domaine et ayant un sujet de recherche associé.

LES UTILISATEURS

La plupart des usagers qui recourt aux services des plateformes appartient aux laboratoires affiliés à la MSH où est située la plateforme. Il s'agit principalement d'enseignants et de chercheurs qui ont besoin du soutien du personnel des plateformes pour élaborer un projet ou un programme de recherche, ainsi que d'étudiants. Dans ces circonstances, il peut s'agir de doctorants demandant l'aide des ingénieurs pour manipuler des équipements ou traiter les données de leurs recherches. Parfois, des étudiants en master fréquentent également les plateformes pour se former à des techniques spécifiques.

En ce qui concerne l'autonomie des utilisateurs dans les plateformes, il n'y a pas de modèle uniforme d'une plateforme à l'autre. Tout d'abord, les plateformes qui n'ont pas d'équipements ne peuvent pas encourager les utilisateurs à travailler de manière autonome, car leur fonction principale est de soutenir les utilisateurs dans leurs travaux. Pour les plateformes avec un parc instrumental, la possibilité d'autonomie dépend du type d'équipement. Par exemple, l'utilisation de drones est soumise à des contraintes strictes dictées par la Direction de la sûreté du CNRS, ce qui exclut tout usage de l'appareil par une autre personne que son télépilote habilité. Pour d'autres types d'appareils, cela dépend du niveau d'expertise de l'utilisateur, mais généralement, l'usage sans l'aide d'un ingénieur de la plateforme est plus accessible et réalisable.

Un exemple concret est la plateforme MAPS, qui offre un accès libre à la salle des microscopes une fois qu'une convention est signée entre l'utilisateur (affilié à un laboratoire) et la MSH. Cette approche est également appliquée aux équipements topographiques, photographiques, de télédétection et de mesure présents dans les plateformes GeoBFC à Dijon et Besançon, ainsi qu'à IntelEspace. La mise en place de telles procédures permet de cadrer l'utilisation du matériel et d'informer les usagers des risques et des limites.

D'autres utilisateurs ont pu être identifiés. Il s'agit d'usagers plus ponctuels, qui s'inscrivent dans des cadres particuliers, souvent liés à des collaborations, des demandes d'expertise ou des prestations. Cela concerne une partie seulement des activités des plateformes. Il peut s'agir d'institutions extérieures au monde scientifique et académique ou de partenaires du même périmètre que les MSH. Par exemple, GeoBFC Dijon a opéré un rapprochement fin 2023 avec l'OCIM (Office de coopération et d'information muséales), lequel a une tutelle commune avec la MSH : l'université de Bourgogne. Ce rapprochement prend la forme d'un accompagnement complet sur la cartographie avec des besoins bien identifiés en formation, en expertise, en conseil et en prestation.

LES DOMAINES ET DISCIPLINES DES UTILISATEURS

Concernant les utilisateurs du monde scientifique, ce sont principalement des chercheurs issus des sciences humaines et sociales, ainsi que des sciences environnementales, qui sollicitent les services des plateformes du réseau. On retrouve majoritairement des disciplines telles que la géographie, l'histoire, la sociologie et la géologie. L'archéologie, dans

certaines des plateformes, ne fait pas partie des disciplines qui font le plus appel aux personnels de Spatio à l'exception des services liés à des technologies ou compétences poussées et mutualisées par les plateformes comme les drones. On observe également des particularités d'une plateforme à l'autre, influencées par divers facteurs telle que la proximité avec d'autres établissements scientifiques ou liées à leur histoire. Par exemple, la plateforme de l'Atelier numérique entretient d'excellents liens avec le pôle aménagement et urbanisation de l'École d'Ingénieurs Polytechnique de l'université de Tours, en raison de la proximité immédiate de la MSH avec celui-ci (sur le site de Tours, la MSH et Polytech occupent chacune une aile d'un même bâtiment). De manière plus ponctuelle, les plateformes sont sollicitées pour contribuer à des projets en sciences de la vie et de la santé. Toujours à Tours, des thématiques émergent également en lien avec l'intelligence artificielle et les sciences humaines et sociales, bien que cela soit encore à ses débuts et soit appelé à se développer davantage¹⁶. De plus, on remarque que les chercheurs et les étudiants qui font appel aux plateformes proviennent de domaines divers, liés au périmètre des MSH. Globalement, au sein de ce réseau, on observe, au fil des projets, des domaines liés aux sciences humaines et sociales, aux lettres, à l'environnement, à l'agriculture, à l'économie, aux mathématiques, à la psychologie, aux sciences cognitives, ainsi qu'à l'informatique.

ACTIONS PÉDAGOGIQUES DES PLATEFORMES

L'un des objectifs des plateformes est également de fournir un accompagnement à ceux qui en font la demande, notamment par le biais de transferts de compétences et de formations. Elles peuvent être dispensées de différentes manières. Tout d'abord, il y a celles qui sont faites de manière continue tout au long de l'année, sans nécessiter de dispositifs importants. Ces formations visent principalement à aider les utilisateurs, chercheurs ou doctorants, à se servir efficacement des équipements et des logiciels qui leur seront utiles dans le cadre de leurs recherches. Par ailleurs, le personnel des plateformes peut également donner des cours aux étudiants. Un exemple concret est celui du responsable d'ArkeoGIS qui enseigne aux étudiants l'utilisation de l'outil développé au sein de celle-ci. Cette approche contribue à la transmission de compétences et à l'autonomie des étudiants dans l'utilisation des ressources mises à leur disposition. Les plateformes peuvent être amenées à faire de l'accompagnement « à la carte » pour une équipe, un chercheur ou un doctorant dans le but de lui permettre d'acquérir une complète autonomie sur les outils et les équipements. À GeoBFC Dijon, ces accompagnements ciblés sont fréquents, ils prennent la forme de cycle de formations courtes et de diffusions de tutoriels écrits ou filmés conçus pour ces besoins particuliers. Ces modes de transferts de compétences présentent l'avantage d'être réutilisables dans le cadre d'autres accompagnements.

De plus, les ingénieurs des plateformes sont compétents pour offrir des formations dans un contexte davantage orienté vers des enjeux socio-économiques, relevant ainsi d'une prestation de services. Ces formations peuvent être dispensées au sein d'un réseau métier, tel que le réseau ISA. Afin de dispenser ces formations dans le cadre de prestations, les plateformes travaillent en partenariat avec des services liés à la formation continue comme

¹⁶ Par exemple : dans le cadre du projet VECCAR – Vectorisation de cartes anciennes –, le porteur du projet est le responsable de la plateforme Spatio de l'Atelier numérique (Tours). La plateforme CartoMundi collabore également à ce projet.

CNRS formation entreprises¹⁷. À titre d'illustration, en 2024, la responsable de la plateforme GeoBFC de Dijon proposera une session de formation intitulée : « Utilisation du logiciel libre QGIS pour le traitement de données archéologiques spatialisées dans le cadre de l'archéologie et des systèmes d'information géographique (SIG) ». Cela témoigne de la capacité des plateformes à répondre à des besoins variés, y compris ceux du domaine socio-économique, en partageant leur expertise et leur savoir-faire. Nous reviendrons sur ce point dans la partie consacrée au modèle économique des plateformes. Concernant l'aspect pédagogique, les plateformes offrent un soutien pédagogique sur demande aux acteurs universitaires liés à elles. Ce soutien peut être dispensé tout au long de l'année. Par ailleurs, les ingénieurs ont la possibilité d'organiser des journées de formation, avec ou sans coût en fonction du public demandeur.

V - LES ÉQUIPEMENTS ET LES LOGICIELS¹⁸

Quatre plateformes du réseau disposent d'équipements, empruntables ou non par les utilisateurs : les deux plateformes GeoBFC (MSHE – Besançon et la MSH Dijon), IntelEspace ainsi que MAPS. À noter que l'Atelier numérique possède également des équipements utilisables sur demande, mais ils ne sont pas pris en compte dans ce rapport. Cette plateforme gère ses propres équipements au sein de la plateforme PLUS (PLateforme Unifiée d'équipements Scientifiques), destinée aux membres des laboratoires d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche de la Région Centre-Val de Loire.

Bien que peu de plateformes disposent des mêmes équipements, des similitudes existent, notamment en ce qui concerne les drones et les accessoires qui les accompagnent. Des discussions ont été initiées entre les pilotes de drones du réseau pour partager leurs expériences, comparer les équipements les plus adaptés selon les besoins, et éventuellement envisager une mutualisation des achats. Cette démarche viserait à réduire les coûts pour les plateformes et à faciliter la circulation des équipements entre celles-ci en cas de besoin, puisque les pilotes auraient tous les mêmes instruments. Actuellement, des discussions sur la mutualisation ont commencé au sein du COPIL de Spatio. Le transport d'équipements en dehors du périmètre de la MSH où ils sont situés est généralement difficile, voire impossible, en raison de leur coût élevé et de leur fragilité. Les responsables de ces équipements sont souvent prudents quant à la manipulation de ces outils par des tiers. Bien que la mutualisation complète des équipements entre toutes les plateformes du réseau ne soit pas encore réalisable, des initiatives sont en cours, notamment au travers d'ateliers pour envisager des évolutions futures et une meilleure gestion des équipements à l'échelle du réseau.

En revanche, l'utilisation des logiciels en lien avec ces équipements est plus homogène. Les plateformes cherchent de plus en plus à adopter des logiciels libres, et une communauté se forme pour s'entraider dans l'exploitation optimale de ces outils parfois complexes. L'usage fréquent de logiciels gratuits, en collaboration avec les étudiants, facilite également la recherche, car ces licences sont plus accessibles que celles des logiciels propriétaires. Cependant, dans certains domaines, comme la photogrammétrie, il semble actuellement ne pas exister d'alternative viable en logiciel libre. Des discussions ont commencé lors des ateliers Spatio de décembre 2023, portant sur la photogrammétrie, dans le but d'explorer la possibilité d'acheter collectivement les licences nécessaires au nom du Réseau, à l'instar de ce qui se faisait auparavant pour les licences ESRI, sur proposition de la MSHE.

Les parcs instrumentaux disponibles au sein de chaque plateforme sont évolutifs et adaptables en fonction des projets à venir. Souvent, l'acquisition d'équipements s'inscrit dans le cadre de projets spécifiques. Ces projets servent à la fois à renouveler des équipements vieillissants et à offrir aux utilisateurs la possibilité de se former à de nouvelles techniques ou d'acquérir des compétences supplémentaires qu'ils pourront ensuite mettre à disposition des équipes avec lesquelles ils collaborent ou proposer lors de prestations. Cela soulève la question de l'acquisition de ces équipements. Certains équipements, tels que les appareils

¹⁷ CNRS Formation Entreprises est l'organisme de formation continue du CNRS qui accompagne tous ceux désireux de se former sur des technologies de pointe dans tous les domaines, de la biologie à l'énergie en passant par l'intelligence artificielle et les enjeux sociétaux. Ces formations de courte durée sont dispensées par les acteurs de la recherche, dans les laboratoires du CNRS, partout en France.

¹⁸ La liste des équipements et/ou des logiciels pour chaque plateforme est répertoriée en annexe.

photo, ne représentent pas un coût prohibitif pour les plateformes. D'autres équipements, par exemple des microscopes, comme ceux installés dans la salle dédiée à la MSH Mondes, peuvent être plus coûteux, mais ont une durée de vie très longue ne nécessitant donc pas un remplacement fréquent. En revanche, les plateformes du réseau Spatio peuvent également acquérir des équipements beaucoup plus coûteux, fragiles et soumis à des évolutions technologiques rapides, ce qui oblige les personnels à rester constamment informés et les MSH à renouveler lesdits équipements pour garantir la qualité et la fiabilité des recherches et des prestations. Pour donner une idée des coûts, voici quelques exemples :

- ▮ Les deux scanners utilisés pour la 3D de la plateforme MAPS : 38 000 euros
- ▮ Caméra thermique et multispectral Micasense Altium (IntelEspace) : 12 000 euros
- ▮ Un drone avec ses accessoires : entre 40 000 et 60 000 euros

En ce qui concerne les consommables qui accompagnent souvent ce type d'équipements, la prise en charge se fait uniquement sur les fonds propres des MSH.

Les plateformes, bien que possédant divers types d'équipements, envisagent des achats groupés des logiciels pour réduire les coûts, malgré des limites dues à des contraintes d'autorisations et de budget. Des réflexions sont en cours pour améliorer la gestion globale des équipements au sein du réseau. L'objectif est d'éviter l'acquisition d'équipements temporaires, favorisant ainsi une utilisation plus régulière. En ce qui concerne les logiciels, la mutualisation semble plus réalisable. D'autant plus, que cela avait déjà pu être fait avec les licences ESRI.

LA GESTION DES ÉQUIPEMENTS

Au sein de certaines plateformes, une personne est spécifiquement dédiée à la logistique. C'est l'interlocuteur principal pour toutes les questions liées aux emprunts d'équipements. Cette personne est responsable de l'organisation depuis le prêt jusqu'au retour des équipements. Il s'assure de leur bon état, et gère le calendrier de manière à répondre à toutes les demandes et à permettre à tous les utilisateurs ayant besoin d'équipements de les emprunter pour leurs recherches sur le terrain. La personne responsable de la logistique joue un rôle essentiel dans la gestion des équipements, en particulier pendant les périodes de forte demande, généralement d'avril à la fin de l'été. Certains équipements, tels que les GPS (Trimble, Garmin, etc.), les niveaux optiques ou les tachéomètres, peuvent être utilisés par tous et ne nécessitent pas un niveau élevé d'expertise. Cependant, des connaissances spécifiques peuvent être requises pour manipuler ces équipements, et une formation théorique, de quelques heures à un jour ou deux, peut suffire pour permettre aux utilisateurs de mener leurs recherches sur le terrain sans l'assistance constante des personnels de la plateforme.

Les plateformes GeoBFC de Besançon et de Dijon indiquent qu'elles prêtent en moyenne ces types d'équipements entre 250 et 300 fois par an. Lors de chaque emprunt, une convention est signée pour définir la responsabilité en cas de dégradation du matériel. Dans la plupart des situations, c'est au laboratoire ou à l'institution d'affiliation de l'utilisateur (emprunteur) de prendre en charge les frais de réparation en cas de besoin. La plateforme n'assume pas les coûts si l'outil est endommagé lors d'un emprunt.

L'utilisation des drones est soumise à des contraintes réglementaires dictées par la DIRSU (Direction de la sûreté du CNRS), impliquant une réglementation complexe sur l'utilisation de l'espace aérien et la responsabilité du pilote ou de l'exploitant. Le CNRS impose des règles strictes indiquant que pour tout drone utilisé dans le cadre professionnel au sein d'une « unité CNRS », l'exploitant, selon la réglementation, ne peut être que le CNRS ou la cotutelle au sein d'une UMR. Tous les drones utilisés sont enregistrés dans une base de données du CNRS et ont une immatriculation propre liée au CNRS. De plus, tous les pilotes, après obtention de la certification, sont inscrits sur un registre et sont les seuls autorisés à piloter le ou les drones qu'ils ont déclarés au sein de leur plateforme. Ces contraintes, axées sur la sécurité, signifient que seul l'ingénieur ou la personne responsable du drone et habilité à le piloter peut se déplacer sur le terrain pour effectuer des recherches. Cela nécessite une gestion minutieuse des emplois du temps, en tenant compte des conditions météorologiques qui peuvent également affecter les opérations. Trois plateformes du réseau Spatio disposent d'un ou de plusieurs pilotes capables de piloter un drone :

- ▮ 1 pilote à la plateforme GeoBFC Dijon
- ▮ 3 pilotes + 1 en formation à la plateforme IntelEspace
- ▮ 1 pilote + 4 en formation à la plateforme GeoBFC Besançon

L'augmentation du nombre de pilotes pourrait simplifier les déplacements et la gestion des emplois du temps, offrant des plages d'utilisation plus étendues aux chercheurs ayant besoin de données de ce type pour leurs études ou leurs recherches.

La maintenance est un aspect crucial à ne pas négliger pour garantir des résultats fiables. Généralement, les contrats de maintenance ont une durée de deux ans, après lesquels c'est à la plateforme de la garantir. Certains travaux de maintenance de base, comme les réparations de drones, peuvent être effectués en interne par le personnel possédant les compétences nécessaires. Cependant, des travaux plus techniques exigent l'intervention d'experts externes, comme c'est le cas pour les équipements optiques de la plateforme GeoBFC de la MSHE. Ces équipements, révisés tous les deux à trois ans, occasionnent des dépenses annuelles de 3000 à 4000 euros, sauf en cas de doutes ou d'incohérences dans les résultats des recherches, ce qui peut motiver des interventions plus fréquentes.

L'UTILISATION DES ÉQUIPEMENTS

La plupart des équipements achetés pour un projet spécifique sont utilisés au-delà de sa durée. En cas de « turnover » du personnel en charge des équipements, il existe un risque que ceux-ci soient sous-utilisés le temps d'un nouveau recrutement. Cependant, l'acquisition de tel équipement va souvent de pair avec l'embauche d'une personne en contrat à durée déterminée qui aura pour objectif de mettre en place l'équipement et d'assurer son bon fonctionnement. L'utilisation des équipements varie en raison des exigences propres à chaque discipline en termes de connaissances et de compétences. Pour les équipements simples à utiliser, la question ne se pose pas, mais pour ceux plus techniques, il est légitime de se demander si l'utilisation de tels outils pourrait être compromise en cas de départ des personnes capables de les manipuler (que ce soit en raison d'un changement de poste ou d'un départ à la retraite, par exemple). Si un tel scénario se produit, il se crée une situation où personne ne dispose des compétences nécessaires pour manipuler l'équipement,

le rendant de ce fait obsolète. Il serait intéressant de se questionner sur la possibilité de former des agents au sein du réseau afin de s'assurer que le plus grand nombre d'agents soit en mesure de former les autres en cas de départ de l'un d'entre eux.

RECYCLAGE ET AMÉNAGEMENT

Tous les équipements disponibles sur les plateformes du réseau sont consciencieusement répertoriés par le CNRS ou les universités de tutelle. Les ingénieurs et le personnel sont tenus de respecter des règles strictes en ce qui concerne la gestion de l'inventaire et ne sont pas autorisés à retirer des équipements de l'inventaire sans permission préalable, même s'ils ne sont plus fonctionnels.

La durée de vie du matériel est une problématique majeure pour les plateformes Spatio. En effet, les équipements dont elles disposent correspondent à des technologies de pointe qui évoluent très vite. À titre d'exemple GeoBFC Dijon s'est confronté en 2023 à la problématique des changements de technologies des GPS différentiels lors de l'acquisition de nouveaux équipements de ce type. En lien avec ces nouveaux développements instrumentaux, les technologies logicielles liées aux GPS différentiels plus anciens ne seront à terme plus maintenues et mises à jour. C'est une problématique essentielle, car ces évolutions rendent rapidement obsolète un parc instrumental de plateforme.

Lorsqu'il s'agit de déterminer la marche à suivre pour les équipements qui ne peuvent plus être utilisés, il est crucial de tenir compte de divers facteurs. Par exemple, les drones peuvent être sujets à des pannes coûteuses à réparer, surtout s'ils sont anciens. Dans de tels cas, il peut être plus judicieux de les remplacer par des équipements plus récents et performants. En plus de l'amélioration des capacités de la plateforme, cela offre également l'avantage de bénéficier d'un contrat de maintenance de deux ans, garantissant un fonctionnement plus sécurisé des activités.

Actuellement, aucune démarche n'a été entreprise en ce qui concerne la gestion des produits défectueux. Il est rare que le vendeur accepte de les reprendre. Une possibilité serait d'explorer la revente de pièces détachées encore fonctionnelles. De même, pour les accessoires, comme dans le cas d'un drone qui n'est techniquement plus en capacité de voler, il conviendrait de se demander s'ils seraient compatibles avec d'autres équipements ou si d'autres plateformes pourraient les récupérer. Ces réflexions devraient être discutées avec l'ensemble du personnel du réseau impliqué dans ce domaine. Une harmonisation de ce type d'achat faciliterait les réparations et la mutualisation des ressources en cas de besoin.

La gestion du recyclage des batteries, notamment celles des drones contenant du lithium, suscite un intérêt croissant. Il est crucial de trouver la meilleure approche pour leur traitement une fois qu'elles ne sont plus utilisées, afin d'assurer la sécurité¹⁹. Pour minimiser les risques liés aux batteries, des mesures de stockage adéquates sont nécessaires pour éviter les incendies, les explosions ou les fuites de produits chimiques. Certaines plateformes envisagent des solutions de stockage plus efficaces, telles que des armoires igni-

¹⁹ La durée de vie d'une batterie de drone peut varier en fonction de la fréquence d'utilisation (régulière ou occasionnelle), de la durée des vols à chaque utilisation et du modèle spécifique du drone (sa taille et ses caractéristiques). En général, on estime que la durée de vie moyenne d'une batterie de drone est d'environ 2 à 3 ans.

fugées, pour protéger le personnel, les locaux et le matériel. En attendant, des pochettes spécifiques sont utilisées comme solution temporaire. La plateforme GeoBFC de Dijon a récemment acquis une armoire de stockage adaptée pour renforcer la sécurité. La gestion des batteries nécessite des discussions avec l'ensemble des acteurs concernés du réseau, de même que la question de la réutilisation de pièces encore fonctionnelles, afin que puisse se mettre en place une démarche commune.

LES LOGICIELS

Les activités des plateformes du réseau sont étroitement liées à l'utilisation de logiciels, essentiels pour le traitement des données en complément des équipements. Ces logiciels sont indispensables au fonctionnement des équipements, et tous les personnels des plateformes les utilisent quotidiennement. Cependant, ils sont souvent confrontés à des défis liés aux mises à jour des logiciels. Selon l'ancienneté de l'équipement, ces mises à jour peuvent ne plus être compatibles et le coût du renouvellement des licences peut être élevé. Généralement, ces coûts sont pris en charge par les fonds propres des plateformes.

Le choix des logiciels, surtout pour le traitement des données ou la gestion des systèmes d'information géographique (SIG), suscite des débats. Les ingénieurs ont généralement le choix entre des logiciels libres, plus complexes, mais sans coût, et des logiciels payants, souvent plus performants, mais nécessitant l'achat de licences coûteuses. Les personnels des plateformes préfèrent généralement les logiciels libres, mais peuvent parfois utiliser des logiciels payants financés à titre personnel, ceux de la MSH ou de projets. Néanmoins, les ingénieurs s'efforcent de promouvoir l'utilisation de logiciels libres dès que possible. En ce qui concerne les logiciels payants, ils essaient de les installer sur des postes de travail au sein de la MSH, permettant ainsi à tous les membres d'y avoir accès sans devoir les installer individuellement sur leurs ordinateurs personnels. Il est à noter qu'il n'existe pas de logiciels libres pour le traitement des données LiDAR, ce qui constitue un obstacle au développement de ce domaine d'activité au sein du réseau Spatio. Les plateformes dépendent de ces logiciels pour traiter les données LiDAR, mais les licences associées sont onéreuses.

Exemple de types de logiciels utiles pour les plateformes du réseau :

- Logiciels de système d'information géographique (SIG) (QGIS, ArcGIS)
- Logiciels de traitement et d'analyse d'images aériennes et satellitaires (Erdas, Pix4D, Agisoft Metashape)
- Logiciels de prétraitement et de post-traitement de données drone (Md Cockpit, MdLidar, Pix4D Capture, PosPAC UAV)
- Logiciel d'analyse de données LiDAR (LP360)
- Logiciel pour la microscopie (SmartSem Touch Zeiss)
- Logiciel pour la 3D (Artec Studio, Metashape Pro, Meshlab, CloudCompare)

Prenons comme exemple le logiciel ArcGIS, un outil de cartographie et d'analyse qui permet de visualiser et partager des données géographiques, collaborer et développer des solutions. Il offre également une haute configurabilité pour créer des applications web. Étant un

logiciel propriétaire, il n'est pas en libre accès pour tous. La solution libre la plus proche est probablement le logiciel QGIS. Plusieurs plateformes continuent d'utiliser ArcGIS, notamment IntelEspace à Clermont-Ferrand, GeoBFC à Dijon, et l'Atelier numérique de la MSH Val de Loire. Le financement d'ArcGIS varie d'une plateforme à l'autre. Alors que les universités de Clermont-Ferrand et de Tours prennent en charge le coût du logiciel, la plateforme de Dijon doit payer pour l'utiliser et le déployer auprès de ses utilisateurs, ce qui représente un coût annuel de 4000 euros. Chaque année, les ingénieurs des plateformes s'interrogent sur la nécessité de renouveler ou non ces logiciels, mais les usagers du périmètre de la MSH qui bénéficient des licences ESRI tiennent à maintenir son utilisation. De plus, il présente des options pratiques qui justifient son renouvellement jusqu'à présent.

VI - CYCLE ET VIE DES DONNÉES : PRODUCTION, GESTION, STOCKAGE ET DIFFUSION DES DONNÉES

TYPES DE DONNÉES PRODUITES

Comme on peut l'imaginer compte tenu de la diversité des activités proposées par les plateformes de ce réseau, divers types de données sont générés. Ces données peuvent, par exemple, prendre la forme de cartes pour des projets de recherche, de publications accessibles en ligne, de photographies aériennes ou terrestres, de nuages de points utilisés dans des travaux liés à la 3D, de données vectorielles pour les systèmes d'information géographique (SIG), ainsi que de bases de données relationnelles (SGBDR)²⁰ et de données historiques.

FORMAT DES DONNÉES

En ce qui concerne la gestion des formats au sein de ces plateformes, chacune est libre de choisir les formats qui lui semblent les plus adaptés en fonction des données traitées. Néanmoins, elles sont soucieuses d'utiliser au maximum des formats de données interoperables et facilement diffusables. Un exemple concret de cette diversité se trouve dans la plateforme MAPS, où les données issues des microscopes optiques et électroniques se présentent sous la forme d'images en 2D et 3D aux formats JPEG et TIFF, accompagnées de métadonnées détaillées. Pour les plateformes de GeoBFC Besançon et de l'Atelier numérique, la flexibilité prévaut, permettant d'adopter des formats variés en fonction des besoins spécifiques de chaque projet. GeoBFC Dijon ajuste le choix du format en fonction des exigences du projet, incorporant souvent des shapefiles (un format courant pour les systèmes d'information géographique) ainsi que des modèles numériques de terrain (MNT) pour représenter numériquement le relief. IntelEspace privilégie les formats JIFF et JPEG dans ses productions. Enfin, pour ArkeoGIS, qui fonctionne principalement comme un outil de regroupement de bases de données, les données sont conservées au format XML et CSV, assurant une gestion structurée et accessible.

STOCKAGE DES DONNÉES

La problématique du stockage des données suscite un intérêt croissant, notamment pour des questions énergétiques, de pérennité, mais aussi structurelles liées à l'hébergement de serveur de stockage. Les plateformes s'efforcent de plus en plus de rationaliser l'utilisation des moyens de stockage afin de réduire leur empreinte environnementale et minimiser leur

²⁰ Une base de données relationnelle est un type de base de données qui stocke et fournit un accès à des points de données liés les uns aux autres. Les bases de données relationnelles sont basées sur le modèle relationnel, un moyen intuitif et simple de représenter des données dans des tables. Dans une base de données relationnelle, chaque ligne de la table est un enregistrement avec un identifiant unique appelé clé. Les colonnes de la table contiennent des attributs de données, et chaque enregistrement a généralement une valeur pour chaque attribut, ce qui facilite l'établissement des relations entre les ponts de données.

consommation énergétique. Cependant, toutes disposent de plusieurs solutions de sauvegarde pour assurer la sécurité des données en cas de défaillance.

Quatre des sept plateformes, à savoir l'Atelier numérique, ArkeoGIS, IntelEspace et MAPS, sont équipées d'une Huma-Num Box. Pour les données plus volumineuses, telles que les photographies, les plateformes ArkeoGIS et MAPS font appel à un service supplémentaire d'Huma-Num, à savoir l'entrepôt Nakala.

Jusqu'à récemment (début 2024), les deux plateformes GeoBFC (Dijon et Besançon) disposaient chacune d'une salle de serveurs au sein de leur MSH pour stocker leurs données. Actuellement, des changements sont en cours à Dijon, où les serveurs sont transférés vers le data center de l'université de Bourgogne qui assumera désormais la gestion physique de ces infrastructures même si le pôle informatique de la MSH de Dijon conserve la gestion de la structuration des répertoires des données et l'organisation des serveurs. Quant à la plateforme CartoMundi, elle stocke ses données sur un serveur cartographique (QGIS Server).

Les personnels des différentes plateformes ont élaboré des solutions adaptées à leurs besoins spécifiques en matière de stockage et de gestion des données. Pour MAPS, les données brutes issues de la numérisation 3D sont traitées et sauvegardées sur deux ordinateurs ainsi que sur un disque dur externe pour une sauvegarde déportée. Une fois les modèles 3D finalisés, ces derniers sont transférés, accompagnés des données initiales et des métadonnées associées, au Conservatoire National des Données 3D, hébergé par Huma-Num. Cette démarche permet le stockage, l'archivage et surtout la visualisation des modèles 3D de manière efficace.

GeoBFC Besançon a mis en place une infrastructure informatique de virtualisation, grâce à la MSHE, basée sur des serveurs Proxmox²¹ organisés en clusters. Cette infrastructure assure une haute disponibilité des services numériques, orientés principalement vers le travail collaboratif. Des outils tels que Nextcloud (plateforme libre d'hébergement de fichiers et de collaboration), GitLab pour la gestion des codes informatiques, et GéoOrchestra pour la diffusion de données géospatiales, sont intégrés. De plus, l'infrastructure héberge des bases de données internationales et des sites institutionnels.

À IntelEspace, les données sont stockées à la fois sur des serveurs dans des datacenters et sur des serveurs locaux. Une Huma-Num Box est également utilisée spécifiquement pour les données LiDAR. Certains ingénieurs de la plateforme optent également pour le stockage sur des disques durs externes, en particulier pour des données dites sensibles (sites archéologiques, données LiDAR en cours d'exploitation, etc.).

ACCÈS AUX DONNÉES

Malgré l'accroissement du concept de science ouverte, divers obstacles persistent dans l'ouverture et la diffusion des données générées au sein des plateformes. Ces entraves s'expliquent par plusieurs raisons. Par exemple, les informations peuvent être en cours de publication, et il est compréhensible que les chercheurs souhaitent différer l'accès libre à leurs données par un embargo. De plus, au sein du réseau Spatio, les données qualifiées de « sensibles », principalement dans le domaine de l'archéologie, nécessitent une protection

ou un floutage afin de prévenir le pillage des sites. Tout en s'appuyant sur les réglementations existantes, chaque plateforme définit sa propre politique en matière d'accès aux données. Néanmoins, un postulat commun demeure : ces données sont générées dans un cadre de service public. Par conséquent, il est impératif de trouver un équilibre en permettant un accès aussi large que possible, tout en respectant le principe fondamental de la science ouverte, qui consiste à rendre les données « accessibles autant que possible et fermées autant que nécessaire ».

Chacune des plateformes adopte des approches spécifiques en matière d'accès aux données, reflétant les particularités de leurs domaines d'activité. MAPS, par exemple, conditionne l'accès aux données brutes, nécessaires à la création des modèles 3D, à la création d'un compte sur le Conservatoire National des Données 3D²², avec des droits spécifiques accordés pour la visualisation et le téléchargement. Les demandes externes font l'objet d'une approbation préalable des responsables du programme.

GeoBFC Besançon s'efforce de rendre un maximum de données accessible au public, notamment en intégrant des licences ouvertes aux jeux de données produites de façon autonome. Pour les collaborations avec d'autres organismes, un accord est établi pour déterminer la diffusion des données au sein du monde académique et socio-économique. Les infrastructures de données spatiales reposent sur GéoOrchestra, un outil modulaire permettant la construction de sites internet spécialisés.

IntelEspace limite l'accès aux acteurs clés des projets en cours, envisageant la publication une fois les projets achevés. Un projet est en cours de développement, en collaboration avec la MSH LSE (Lyon Saint-Etienne). Il se nomme Data Drone et vise à créer une application stockant les données sur une Huma-Num Box, avec des fonctionnalités différenciées pour les données publiques et celles protégées par un mot de passe.

GeoBFC Dijon propose un accès à des référentiels et aux données générées par la plateforme, aux chercheurs, ingénieurs et doctorants présents dans le périmètre de la MSH, mais également à des demandeurs d'autres laboratoires de recherche en France ou des structures extérieures au milieu scientifique (parcs régionaux, collectivités, ONF, etc.). L'accès à ceux-ci se fait par la signature d'une charte qui établit les règles de diffusion et d'utilisation des données. La MSH de Dijon travaille encore davantage à intégrer les principes FAIR²³ dans ses actions, notamment en élaborant des protocoles d'archivage et un plan de gestion de données local *ad hoc* et les spécificités de la donnée géographique.

Enfin, pour l'Atelier numérique, les données produites sont initialement en accès libre, conformément au principe de la science ouverte. En conclusion des projets, les jeux de données sont destinés à rejoindre l'entrepôt Nakala, et peuvent éventuellement être versés dans l'infrastructure de données territoriales – Géo Centre²⁴ –, en fonction des financeurs et partenaires impliqués dans les projets.

Concernant les deux plateformes basées sur des sites internet, le mode d'accès diffère

²² <https://3d.humanities.science/Objectsite/Universit%C3%A9%20de%20Nanterre?code=siteNom> (consulté en décembre 2023).

²³ Le principe FAIR, qui se réfère à l'acronyme en anglais « Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable » (trouvable, accessible, interopérable et réutilisable), est un ensemble de principes fondamentaux visant à améliorer la gestion et l'utilisation des données scientifiques.

²⁴ <https://www.doterr.fr/accueil> (consulté en décembre 2023).

²¹ Proxmox est un environnement complet de gestion centralisée de datacenter. Il permet de gérer un parc de machine virtuelle.

considérablement, notamment en raison des thèmes et des problématiques abordés qui présentent des spécificités distinctes. CartoMundi, une plateforme dédiée à la cartographie en ligne et axée sur la valorisation du patrimoine cartographique, offre un accès libre à l'ensemble des cartes disponibles sur son site, sans nécessité d'identification préalable. En revanche, l'accès aux informations sur le site ArkeoGIS est différent. La plateforme repose sur le souhait des chercheurs de partager en ligne, sur une plateforme commune, leurs bases de données, signalant ainsi la présence de vestiges à des emplacements spécifiques. En raison de la sensibilité de ces données, une mise en ligne intégrale et libre n'est pas possible. Afin d'accéder à ces informations, l'inscription *via* un formulaire et l'identification sur le site sont obligatoires. Pour remédier à cette restriction d'accès, la plateforme a introduit un second outil, accessible sans inscription, enrichi par les données publiées principalement sur le site d'ArkeoGIS, que les utilisateurs ont choisi de partager avec le public. Ce second outil est connu sous le nom de site ArkeOpen.

VOLUMÉTRIE DES DONNÉES PRODUITES

La volumétrie des données produites annuellement au sein des plateformes varie en termes de quantité et de gestion.

Pour la plateforme GeoBFC Besançon, il est difficile de quantifier un volume de données précis. Cela dépend des projets en cours et à venir. Néanmoins, une augmentation constante est observée, avec plusieurs dizaines de téraoctets (To) de données gérées par la MSHE, dont 16 To sur le cloud, le reste étant localisé dans le data center de la MSHE. Du côté de la plateforme GeoBFC Dijon, la capacité des serveurs atteint 51 To, avec un espace utilisé de 34,1 To. Ce volume s'explique notamment par les données LiDAR acquises qui sont très lourdes en volume de stockage. Pour la plateforme IntelEspace, la production annuelle est estimée à environ 1 à 2 To, soulignant une échelle plus modérée par rapport à d'autres plateformes. La plateforme ArkeoGIS, quant à elle, a créé un total de 134 bases de données entre 2016 et 2023, avec des variations annuelles, allant de 37 en 2016 à 12 en 2019. À l'Atelier numérique, l'Huma-Num Box est utilisée pour le stockage, la sécurisation et la gestion de données volumineuses, avec une capacité atteignant 35 To au 31 décembre 2022 pour l'ensemble de l'Atelier, tandis que la plateforme Spatio utilise 50 à 60 Go d'espace annuellement. CartoMundi se distingue par la mise à disposition en accès libre de 85 000 cartes sur son site internet. Enfin, MAPS présente une volumétrie plus modeste avec 300 Go de données produites par an.

Ces chiffres témoignent de la diversité des échelles et des types de données gérées par chaque plateforme, reflétant les spécificités de leurs domaines respectifs. Il faut néanmoins noter que les plateformes génèrent des masses de données conséquentes, ce qui soulèvent des questionnements en termes de solutions de stockage pérennes.

LA FAIRISATION DES DONNÉES

La manière dont la question de la FAIRisation des données est abordée varie d'une plateforme à l'autre, bien que toutes aient pour objectif d'y parvenir. Alors que certaines mettent en œuvre cette démarche pour garantir la préservation à long terme des données, d'autres

en sont encore aux premières étapes de la réflexion et ne peuvent y accorder qu'une attention limitée, faute de temps. Nous reconnaissons l'importance des principes FAIR, notamment dans les sciences humaines et sociales, où ils sont de plus en plus intégrés aux missions des plateformes, en particulier pour ce qui est de la diffusion des données. En ce qui concerne les données spatiales, géoréférencées et les modèles 3D, les ingénieurs des plateformes disposent actuellement de plusieurs solutions. Cependant, l'enquête a permis de mettre en lumière des problèmes d'adaptabilité à ces types spécifiques de données, obligeant les chercheurs et les ingénieurs travaillant dans les plateformes du réseau à s'adapter pour parvenir à une solution « satisfaisante ».

Les données géographiques

Les données géographiques englobent toutes les données liées à des informations associées à des emplacements géographiques précis sur la Terre, telles que des coordonnées, des cartes (qu'elles soient géoréférencées ou non) ou des images satellites. Les chercheurs disposent de divers outils pour les gérer. Nous constatons qu'il reste des avancées à réaliser dans ce domaine, mettant en évidence un besoin de développement supplémentaire.

Nakala

L'utilisation de cet entrepôt de données dédié aux sciences et sociales constitue l'une des solutions adoptées au sein des plateformes. Elle permet le dépôt de données spatiales ainsi que d'autres, plus volumineuses, telles que des photos, comme c'est le cas pour ArkeoGIS (où les bases de données et métadonnées sont stockées sur les serveurs Huma-Num, tandis que les photographies, plus lourdes, sont sur Nakala). Bien que cette approche assure la conservation durable des données, leur manipulation est complexe, notamment en vue de publications. La solution la plus simple semble être de différencier le stockage des données textuelles de celles géographiques. Ainsi, la difficulté ne se trouve pas dans le stockage des données, qui est pérenne, mais dans leur manipulation une fois qu'elles ont été sauvegardées.

La directive INSPIRE et le projet CARGOS

La directive INSPIRE est une directive européenne visant principalement à simplifier l'accès et l'utilisation des données géographiques liées à l'environnement. Elle impose aux États membres de l'Union européenne la mise en place d'infrastructures de données spatiales aux niveaux national, régional et local, tout en exigeant leur harmonisation, conformément à des normes spécifiques. Afin de se conformer à la directive, le projet CARGOS (Catalogue de données géographiques pour les sciences humaines et sociales), un géocatalogue de métadonnées, a été développé. Ce projet a établi une plateforme de recherche coopérative dans le but de mettre en avant les métadonnées associées aux données géographiques utilisées dans la recherche en sciences humaines et sociales. À l'origine conçue pour gérer des bases de données au sein des MSH de Dijon et de Besançon, initiatrices du projet, cette plateforme technologique partagée a été étendue à l'échelle nationale et est actuellement hébergée par Huma-Num. Le géocatalogue CARGOS a été élaboré à partir de l'application GeoSource, bénéficiant, en outre, de l'avantage d'être moissonné par Isidore et DataGouv, ce qui facilite une diffusion plus étendue. Actuellement, le site du catalogue ne bénéficie plus de maintenance, engendrant des problèmes de sécurité et l'impossibilité d'effectuer des mises à jour. Par conséquent, bien que le site soit toujours opérationnel, il est obsolète.

Cette solution ne répond que partiellement à la directive INSPIRE, car elle ne permet pas de résoudre l'ensemble des problèmes liés à la diffusion des données (étant donné que seules les métadonnées y sont diffusées). Afin de remédier à cela, des solutions ont été explorées à une échelle plus locale au sein des plateformes.

Des solutions locales

■ GéoOrchestra

Les ingénieurs de la MSHE utilisent un outil qui permet de construire un site web à partir de données. Cependant, pour assurer un fonctionnement optimal, cette application nécessite l'utilisation de deux outils complémentaires. Il s'agit de GéoNetwork, un catalogue de métadonnées, et de GéoServer, qui suit le même principe que GéoNetwork, mais pour les données. Il est évident que l'utilisation de ces trois outils complémentaires demeure assez fastidieuse, chronophage, et exige des connaissances techniques très spécifiques. Tous ne peuvent faire appel à ce genre d'outil pour gérer leurs données, faute de compétences en interne.

■ GéoPandor

La MSH de Dijon travaille actuellement sur le développement d'un module appelé GéoPandor, qui viendra s'ajouter à une application déjà existante dédiée aux données d'archives, PANDOR (Portail archives numériques et données de la recherche). Ce module permettra d'associer des métadonnées à la visualisation des données géographiques provenant d'archives anciennes, tout en offrant la possibilité d'effectuer des requêtes.

■ Les CRIGE

Les CRIGE, ou Centres de Ressources en Information Géographique, sont des infrastructures de données spatiales (IDS) régionales. Plusieurs plateformes collaborent avec les CRIGE, notamment à Dijon et Besançon en association avec IdeoBFC, ainsi qu'à Clermont-Ferrand en partenariat avec le CRAIG (Centre régional Auvergne-Rhône-Alpes de l'information géographique). Leur fonction consiste à faciliter le dépôt et la diffusion de données et de métadonnées, tout en organisant des activités d'animation, tels que des ateliers de sensibilisation à la saisie des métadonnées. Les infrastructures de données spatiales régionales font l'objet d'un moissonnage par divers dispositifs, tel que DataGouv, favorisant ainsi une diffusion de l'information à l'échelle nationale. Cependant, les partenariats avec les CRIGE ne sont pas généralisés et pourraient bénéficier d'un développement plus approfondi.

Toutes ces solutions demeurent assez inappropriées pour répondre à la spécificité de la donnée géographique, qui par nature, combine des géométries (information géographique) et des attributs de données (données textuelles, sémantiques, attributaires). Cela met en évidence l'un des défis des plateformes, à savoir le besoin d'un stockage adapté à la nature particulière de ces données. Il existe une lacune évidente en termes d'infrastructures de stockage, d'archivage, et de diffusion spécifiquement adaptées aux données géographiques, ce qui constitue un besoin essentiel pour les plateformes du réseau.

Les modèles 3D

Un modèle 3D est une représentation numérique d'un objet ou d'une scène en trois dimensions. En ce qui concerne ces modèles, la préoccupation des chercheurs et ingénieurs au sein des plateformes ne réside pas tant dans la sauvegarde pérenne que dans la capa-

cité à manipuler et surtout à visualiser ces données une fois qu'elles ont été déposées. Actuellement, les plateformes travaillent de manière relativement indépendante, mais des discussions ont commencé à émerger concernant les outils utilisés au sein du réseau. Au cours de ces discussions, il est apparu qu'un outil prédominait, à savoir Sketchfab. Par ailleurs, les ingénieurs se basent également sur les dispositifs mis en place par le CND3D (Conservatoire National des Données 3D).

■ Sketchfab

Sketchfab est un site web qui offre l'hébergement et la visualisation en ligne de fichiers 3D. Cependant, son affiliation à une société privée gérée par Google soulève des préoccupations concernant la gestion des données. La MISHA a tenté de créer une alternative à Sketchfab, mais a rencontré des difficultés pour produire une visionneuse 3D stable. Par défaut, les données sont actuellement stockées sur Nakala, où chaque ensemble de données est associé à un DOI, et Sketchfab est utilisé pour exposer les modèles. Auparavant, l'université de Paris-Nanterre utilisait cet outil, mais l'augmentation du nombre d'utilisateurs et des vues a engendré un surcoût. C'est pourquoi la MSH Mondes a opté pour le visualiseur Potree (plutôt que 3DHOP, tous deux mis à disposition par le Conservatoire national des données 3D), qui utilise la méthodologie des nuages de points tout en permettant l'annotation des modèles. À l'avenir, les solutions visant à créer un outil stable, concret et accessible à tous, de manière libre, nécessiteront de s'orienter vers le consortium 3D SHS.

Enfin, dans le contexte du stockage, de l'archivage, de la diffusion, et plus généralement des principes FAIR, les plateformes du réseau Spatio agissent comme des relais pour les laboratoires de recherche. Elles ont pour mission d'animer, de sensibiliser, d'accompagner et de former sur ces questions, dans le but de promouvoir les bonnes pratiques au sein de la communauté des chercheurs.

Le cycle de vie des données au sein des plateformes se caractérise par la diversité des types et des formats de données générées. Leur stockage suscite un intérêt croissant, avec des approches variées tels que Huma-Num, les data centers, les conservatoires nationaux et clouds locaux dans les MSH. Leur accès est généralement aisé, hormis les précautions à prendre pour les données sensibles. La *Fairisation* des données présente des disparités entre les plateformes, avec des outils disponibles, mais pas toujours adaptés aux données spatiales, conduisant souvent à des solutions locales développées par les ingénieurs au sein de chaque plateforme.

VII - ÉVOLUTION ET PÉRENNISATION

PÉRENNISATION

Nous avons constaté que la présence du personnel dans chaque plateforme du réseau est essentielle pour garantir sa stabilité. Malgré leur ancrage dans les MSH depuis plusieurs années, des préoccupations persistent, notamment concernant le remplacement des personnels en cas de départ. Cela pose particulièrement problème lorsque des personnels clés quittent leur poste, comme récemment à la MSH de Dijon, où la plateforme GeoBFC n'a pas pu remplacer un ingénieur de recherche muté en septembre 2023. Il y a également un désir de maintenir à long terme le personnel contractuel recruté pour des projets ou sur des financements spécifiques. Bien que compétents et formés, leur départ entraîne une perte d'expertise et d'activités pour les plateformes.

Des crispations se manifestent également lorsque l'on aborde la question des appels à projets (AAP). Inéluctablement, le fonctionnement des plateformes repose principalement sur les projets sur lesquels elles travaillent (cf. section sur les modèles économiques), la majeure partie de leur activité dépend de la participation à ces appels à projets ou aux contrats de plan État-région (CPER). Cela implique de consacrer une part significative de leur temps à la préparation des dossiers de réponses aux AAP. Cette démarche est chronophage, en raison du temps nécessaire à la rédaction et à la préparation du projet, et instable en termes de plan de charge et de programmation prévisionnels. Que se passe-t-il s'ils ne parviennent pas à obtenir les financements nécessaires ? Si le remplacement d'un équipement défectueux n'est pas assuré par ces financements, comment réagir ? Ces dispositifs apportent énormément aux plateformes pour leur permettre de fonctionner, mais engendrent des difficultés de planification à long terme et demandent une grande adaptabilité des personnels.

LE MODÈLE ÉCONOMIQUE

Les plateformes du réseau dépendent principalement de financements publics, tels que les appels à projets régionaux, les contrats de plan État-région, ainsi que les contributions du CNRS SHS et/ou des tutelles universitaires de la MSH. Les contributions des financements privés, qu'il s'agisse de prestations, de formations ou autres, bien que plus modestes, ne doivent pas être sous-estimées pour autant.

Certaines plateformes bénéficient de financements ciblés, comme celui octroyé à la plateforme MAPS dans le cadre du DIM MAP (Domaine de Recherche et d'Innovation Majeur Matériaux Anciens et patrimoniaux - 2017-2021), suivi du DIM PAMIR (2022-2026). Ces financements régionaux spécifiques ont notamment contribué à l'acquisition d'équipements tel que le Microscope Electronique à Balayage (MEB). Certaines plateformes bénéficient de financement européen, comme ArkeoGIS, qui a pu lancer son projet grâce au programme INTERREG IV (2011-2012 et 2013-2014). Enfin, les plateformes peuvent générer des fonds propres grâce à des prestations de services, des collaborations de recherche et de

partage de savoir-faire ainsi que des formations. Néanmoins, il ne s'agit pas de sources de financement systématiques. Ces financements jouent un rôle essentiel non seulement dans l'acquisition d'équipements souvent coûteux, comme le MEB de la plateforme MAPS, mais aussi pour les plateformes GeoBFC à Dijon et Besançon, ainsi que pour IntelEspace à Clermont-Ferrand. Un juste équilibre est à trouver entre ces activités liées à la prestation et celles dédiées à l'appui à la recherche. Ainsi à GeoBFC Dijon, la plateforme alloue 20 % de son activité aux prestations. Cela permet de disposer de fonds propres, tout en conservant ses missions de support à la recherche.

Les projets de recherche

L'accompagnement de la recherche par les plateformes du réseau Spatio s'inscrit dans une large typologie de projets déployés par les laboratoires présents dans les périmètres des MSH. Les dimensions des projets qu'accompagnent les plateformes sont en effet très variées, allant de l'appui aux doctorants pour la réalisation de leurs thèses, aux programmes de recherche pluridisciplinaire d'envergure et de dimension internationales comme les ANR ou les projets européens, en passant par des projets d'équipe ou de chercheur ancrés dans une discipline de recherche. Cette diversité d'accompagnements s'observe dans le quotidien des ingénieurs, lesquels doivent organiser leur temps de travail entre la gestion des demandes de support quotidiennes et la participation active au sein des projets d'ampleur. Cela nécessite de classer et de mettre en place des procédures de priorisation, comme des fiches projets à évaluer par des instances au sein des MSH comme cela se fait pour certaines plateformes. De plus, l'enquête révèle qu'il est important de gérer les flux de projets par le biais de plans de charge et de rétroplannings, même si cela n'empêche pas l'accumulation d'activités diversifiées. Une des difficultés pour les ingénieurs est de pouvoir se positionner suffisamment tôt dans le montage d'un projet d'ampleur en tant qu'experts et permettre d'inscrire des besoins en recrutement dans ce projet si nécessaire pour compléter les ressources humaines disponibles des plateformes. Les ingénieurs ont à cœur de continuer à jouer leur rôle de support pour les demandes quotidiennes, notamment pour les doctorants, les étudiants de master et les post-doctorants des laboratoires, car ces expériences sont souvent fructueuses et permettent un transfert de compétences dont le besoin est reconnu.

Les plateformes peuvent également soutenir des projets tournés vers la recherche participative, la recherche « action » et collaborer dans certains cas avec des acteurs du monde socio-économique locaux, régionaux ou nationaux. Ainsi GeoBFC Dijon participe à l'Observatoire dijonnais sur le Climat et la Qualité de l'air construit par le laboratoire de géographie de Dijon, ThéMA, le laboratoire de climatologie de Dijon et la métropole dijonnaise. La plateforme a permis l'acquisition de nombreux capteurs déployés à Dijon et apporte une expertise sur la structuration, le stockage des données acquises en temps réel, le traitement des données et la cartographie des résultats. Pour ce même projet, elle a également contribué à la conception d'une maquette 3D sur la ville de Dijon à partir de nuages de points LiDAR acquis par GeoBFC Dijon dans le cadre d'un autre projet. Cette capacité des plateformes à mettre ses compétences au service du monde socio-économique leur permet de jouer un rôle très opérationnel et prospectif.

Les plateformes peuvent également mener et coordonner des projets de recherche méthodologiques en lien avec leurs activités en ingénierie, comme le projet DESIR de la MSH de Dijon, financé par les appels à projets régionaux et coordonné par GeoBFC Dijon (DEtection

de Structures patrimoniales à partir d'Images haute Résolution), lequel a permis de faire des avancées méthodologiques dans le domaine de la télédétection haute résolution appliquée à l'étude des paysages anciens et actuels et de mettre en place des protocoles méthodologiques pour la détection de structures et de formes à partir de données LiDAR.

Les prestations et les formations

Comme mentionné dans la section sur le modèle économique, certaines plateformes du réseau intègrent des prestations et des formations parmi leurs activités. Cela représente une part significative de leur plan de charge.

Il existe des structures dédiées, qui accompagnent les plateformes, tels que les SATT (Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies) ou UCA Partner (à l'Université Clermont-Auvergne). Elles ont pour objectif de simplifier les interactions entre les plateformes (mais pas que) et le monde socio-économique ayant besoin de leur expertise. Les SATT, notamment celles comme SAYENS à Dijon, facilitent les liens entre les entreprises en aidant à présenter publiquement les équipements et les compétences disponibles au sein des plateformes qu'elles soutiennent. De plus, pour mettre en place ces activités de prestation, les plateformes s'appuient sur des structures du monde socio-économique telles que les SATT ou CNRS formation entreprises, qui prennent le relais sur : les tarifications, les devis dans le cadre des prestations, les facturations, etc. Pour tout cela, ces structures partenaires appliquent des frais de gestion.

Néanmoins, la majorité des services fournis par les plateformes est réalisée en appui à la recherche, sans contrepartie financière. Ce principe s'applique également aux formations, notamment lorsqu'elles sont dispensées dans un contexte universitaire, comme pour des formations ou des services liés à des laboratoires fédérés, ou pour des étudiants en master ou des doctorants. Quand les ingénieurs des plateformes proposent des services ou des formations payants, le tarif peut être déterminé en fonction de l'établissement qui gère les fonds, ou bien selon une grille tarifaire. C'est le cas pour les plateformes de Clermont-Ferrand et de Paris-Nanterre, où des grilles tarifaires ont été adoptées pour différents types d'activités. À Paris-Nanterre, au sein de la plateforme MAPS, un projet de tarification est en cours d'élaboration par le service financier de la délégation Ile-de-France Meudon du CNRS. Cette grille tarifaire vise à élargir l'accès aux services de la plateforme, en mettant à disposition une partie de ses équipements, notamment le MEB, à un public plus étendu. Cette initiative permettra d'offrir l'accès aux utilisateurs en dehors du cadre de la MSH Mondes, avec une tarification visant à garantir le fonctionnement du microscope, tout en couvrant les frais annuels du contrat de maintenance, évalué à 2100 euros.

Les prestations

Les prestations de services ne sont acceptées que lorsqu'elles sont liées aux projets de recherche et d'ingénierie des équipes fédérées ou des ingénieurs de la MSH. Elles doivent être en relation avec les axes de recherche et les questions d'étude spécifiques des plateformes.

Illustrons cela avec l'exemple d'IntelEspace, la plateforme qui offre sans doute le plus grand choix de prestations. Elle offre des services externes aux collectivités territoriales et aux bureaux d'études privés, se concentrant principalement sur l'acquisition de données par drone et le post-traitement. Cette démarche permet de fournir des expertises scientifiques en archéologie et en environnement. Depuis 2017, cette activité a contribué à générer des

ressources financières autonomes pour la plateforme à hauteur d'environ 13 000 euros par an. La plateforme propose différents services, incluant l'acquisition de données multispectrales, thermiques et LiDAR par drone pour soutenir les programmes de recherche. Elle excelle également dans le traitement de données LiDAR aéroportées. Elle offre des services d'ingénierie de projets en environnement et patrimoine, tout en assurant la formation aux outils de la géomatique. Ces activités témoignent de l'engagement d'IntelEspace à fournir un soutien technique et scientifique, à promouvoir l'innovation et à partager son expertise.

Les formations

En ce qui concerne les formations, il s'agit d'un enseignement dispensé par les ingénieurs travaillant au sein des plateformes. Si elles sont intégrées dans le cadre universitaire, elles ne font pas l'objet de facturation, car elles font partie des missions des agents. Cependant, certaines formations peuvent générer des fonds propres pour la plateforme, telles que les formations professionnelles dispensées par le biais de CNRS formation entreprises ou d'autres structures locales liées à la formation continue, comme le SEFCA (Service commun de formations continue et par alternance) à l'université de Bourgogne.

En ce qui concerne les formations destinées aux étudiants et à la communauté universitaire en général, GeoBFC à Besançon propose chaque année un programme de formations dédié à la communauté scientifique de Franche-Comté, ainsi qu'à un public plus vaste de Bourgogne Franche-Comté. Ces formations, ouvertes aux étudiants à partir du niveau master, aux techniciens, ingénieurs, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont dispensées par le personnel de la MSHE, ainsi que par des ingénieurs et chercheurs des laboratoires fédérés. Elles portent sur l'équipement, la méthodologie d'acquisition et de traitement des données.

En plus de dispenser des formations dans un contexte universitaire, la plateforme IntelEspace propose également la « Formation LiDAR : Traitement avancé des données et interprétation archéologique » dans le cadre de CNRS formation entreprises. Cette formation est coorganisée de manière tournante avec les MSH de Clermont-Ferrand (de septembre 2019 à septembre 2022) et de Dijon (d'octobre 2017 à septembre 2018), les laboratoires ASM – Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (en février et octobre 2014, mars 2016) et CITERES-LAT à Tours (en octobre 2015), ainsi que la MSHE Besançon (en avril 2012, avril 2013, avril 2015). L'objectif de cet atelier est de permettre aux participants d'approfondir leurs connaissances en télédétection LiDAR pour l'interprétation archéologique. Ils seront également en mesure de maîtriser les modes d'acquisition, le traitement des données brutes LiDAR, et la visualisation des modèles numériques d'élevation.

La formation, notamment professionnelle, est identifiée par les plateformes comme un format pertinent pour réaliser de la prestation. Il permet du transfert de compétences par des ingénieurs experts dans leurs domaines. Ainsi à Dijon par exemple, la plateforme privilégie ce format et a fait le choix de renforcer ce type d'activités, prévoyant quatre formations sous forme de prestation, en 2024, à destination du monde socio-économique.

De nombreuses formations proposées par les plateformes sont dispensées dans un objectif non lucratif. Pour les prestations, chaque demande est soigneusement évaluée avant d'être acceptée ou refusée.

LES PERSPECTIVES ET BESOINS

Pour remédier à ces défis, toujours plus présents, plusieurs actions sont envisagées. Des initiatives de renouvellement d'équipements sont prévues dans les années à venir, comprenant à la fois des drones et des scanners. Ces équipements coûteux caractérisés par une obsolescence technologique rapide, nécessitent d'être modernisés rapidement. Cette démarche vise à permettre aux plateformes de pouvoir toujours fournir des données les plus précises possibles aux chercheurs et aux étudiants. La formation de cinq nouveaux pilotes de drones est prévue, portant ainsi le nombre total de personnes habilitées à piloter des drones au sein du réseau de plateformes Spatio à dix. Cette augmentation renforcera davantage la diversité des activités proposées. Il a été exprimé le désir de redéfinir le périmètre du réseau Spatio afin d'accentuer la visibilité de la 3D et de la microscopie. Pour dynamiser les activités du réseau et encourager la collaboration entre les membres, certains agents ont proposé l'organisation de visites des plateformes en dehors de la journée annuelle du réseau Spatio, ainsi que la mise en place éventuelle d'un *chat* ou d'un forum de discussion entre les membres du réseau.

CONCLUSION

Les plateformes du réseau Spatio présentent des disparités structurelles, tant en termes de nombre de personnels que de disponibilité temporelle des agents pour les activités. Cependant, la présence d'au moins une personne occupant un poste permanent dans chaque plateforme assure une stabilité et une sécurité opérationnelles. Sur le plan fonctionnel, nous avons souligné tout au long du rapport que les plateformes n'offrent pas toutes les mêmes types d'activités, évoluant dans des domaines variés que sont la géomatique, la microscopie, l'imagerie, et le web. Ces différences se manifestent également au niveau des équipements, avec certaines plateformes disposant de parcs instrumentaux diversifiés, tandis que d'autres ne mettent pas d'équipements à disposition des utilisateurs. Les disparités incluent également le nombre de prestations, de formations, et de projets auxquels les plateformes participent, influencées à la fois par les effectifs du personnel et leur intégration dans le contexte local de la MSH. Malgré ces distinctions, il est important de noter que l'ensemble de ces plateformes forme le réseau Spatio et partage des caractéristiques communes. Par exemple, elles offrent toutes un soutien à la recherche aux communautés universitaires liées à la MSH qui accueille la plateforme. En agissant en tant que support dès le début du projet, elles accompagnent les chercheurs en instaurant un dialogue pour orienter de manière juste et efficace leurs compétences et savoir-faire tout au long du projet, jusqu'à la diffusion des données.

La diversité présente au sein du réseau Spatio, illustrée par la variété d'activités proposées, ne constitue pas un obstacle au développement. Au contraire, elle démontre que les plateformes Spatio ont réussi à établir des pôles d'expertise dans des domaines de pointe, tout en offrant des services plus génériques et communs à de nombreuses plateformes Spatio, tels que la cartographie ou le traitement des images. Ces domaines d'expertise sont souvent liés à des chaînes opérationnelles adaptées en fonction des compétences de chaque plateforme et des besoins des laboratoires de recherche affiliés. Elles sont cruciales et leur rupture n'est ni souhaitable ni envisageable, car cela compromettrait le fonctionnement des plateformes du réseau. En effet, retirer une partie de cette chaîne opérationnelle nécessiterait de recourir à de la sous-traitance ou de trouver des partenaires externes, entraînant inévitablement une perte d'efficacité et de temps. Le maintien de ces chaînes opérationnelles au sein des plateformes permet non seulement d'offrir des expertises et des compétences approfondies, mais également une grande adaptabilité de la part des ingénieurs travaillant au sein de ces plateformes. Grâce à cela, certaines plateformes jouissent d'une reconnaissance nationale en tant qu'expertes au sein de réseaux nationaux tel que celui d'ISA (réseau Information Spatiale et Archéologie), ou en collaboration avec d'autres acteurs et partenaires scientifiques.

Au-delà de leur expertise dans les domaines et activités qu'elles offrent, ces plateformes jouent un rôle crucial dans la mutualisation sur leur site, tant au niveau des compétences que du matériel. Si celle-ci était instaurée de manière plus systématique, elle engendrerait une économie d'échelle significative tout en constituant un levier efficace en termes de qualité de service et de performance de l'ingénierie au service de la recherche. Cela permettrait aux plateformes de réaliser des économies substantielles, tant en termes de fonctionnement que d'équipements, en évitant la multiplication des dépenses. Toutefois, les personnes interrogées ont soulevé des limites, en plus de la question du matériel

constamment emprunté. Certains équipements, en raison de leur encombrement, compliquent les déplacements. Des contraintes existent, telles que les réglementations strictes relatives aux drones. De plus, certains matériels sont spécifiquement conçus pour des usages très précis, avec une technologie inadaptée à d'autres applications. Les membres du personnel expriment également des inquiétudes quant à une mutualisation plus généralisée, craignant que les plateformes ne deviennent simplement des « guichets de prêt » de matériel. Afin d'éviter cette situation, il serait nécessaire de mettre en place une mutualisation du matériel et des compétences du personnel des plateformes à l'échelle du réseau des plateformes Spatio, dans un cadre défini prenant en compte les avantages et les limites mentionnés ci-dessus.

Malgré les interrogations liées à la mutualisation, qui ne permet pas encore actuellement le développement optimal des plateformes, on observe que celles-ci opèrent dans des environnements variés et exercent un impact significatif sur la recherche. En examinant les projets auxquels les plateformes ont apporté leur soutien au cours des dernières années, on constate une grande diversité. Cela englobe des projets de chercheurs individuels, ainsi que des projets internationaux, pluridisciplinaires et interdisciplinaires de type ANR. Grâce à cette diversité, les ingénieurs impliqués ont eu l'opportunité de collaborer avec divers acteurs de la recherche et du monde socio-économique, mettant en avant les compétences de leur plateforme et lui conférant un rôle opérationnel et prospectif dans certains cas. En dehors des projets de recherche, il est également essentiel de souligner l'engagement du personnel des plateformes dans l'accompagnement des jeunes chercheurs, en particulier des doctorants, pour l'avancement de leur thèse, souvent salué lors des soutenances. Ces divers types de partenariats établissent des réseaux à plusieurs échelles et renforcent une fois de plus la reconnaissance des compétences des plateformes du réseau Spatio. Cependant, cette reconnaissance a son revers, car parfois les ingénieurs doivent faire face à un volume trop important de sollicitations, les contraignant à prioriser ces demandes pour éviter des problèmes de gestion des charges de travail. Les ingénieurs des plateformes alertent également sur le fait qu'ils ne souhaitent pas multiplier les partenariats plus que nécessaire, afin de ne pas se limiter à des prestations et de maintenir un équilibre optimal entre accompagnement à la recherche et prestations pour le bon fonctionnement de la plateforme.

En effet, ce sont les laboratoires de recherche qui se tournent vers elles pour bénéficier de leurs expertises et services de soutien à la recherche, comme mentionné précédemment. Elles mettent les compétences des plateformes au service des laboratoires, bien que celles-ci se développent stratégiquement en fonction des demandes émanant des laboratoires. Une nouvelle technologie ou un nouvel équipement est acquis si le besoin a été identifié dans les demandes des chercheurs et des projets. Il en va de même pour une montée en compétence, dans le but d'avoir des expertises toujours plus avancées, adaptées aux réalités locales selon les plateformes. Cependant, il est nécessaire de rester vigilant à l'égard de cette montée en compétence afin d'éviter que les plateformes ne se concentrent que sur le développement de compétences dans un seul domaine ou qu'elles s'isolent en travaillant exclusivement avec un seul laboratoire de recherche. Il est également crucial de ne pas se sur-spécialiser dans un domaine au détriment des disciplines plus génériques proposées par les plateformes du réseau, telles que la cartographie ou l'imagerie. Il est important que les plateformes gardent à l'esprit qu'elles travaillent sur l'adaptabilité des méthodes et des technologies dont elles disposent, et qu'elles le font dans le but de

les rendre accessibles à un large éventail de disciplines, de laboratoires et de partenaires extérieurs. Cela nécessitera également une valorisation, une animation et une diffusion efficaces pour faire connaître ces activités au plus grand nombre d'acteurs de la recherche.

Tout cela est rendu possible grâce au soutien du RnMSH dont bénéficient les plateformes du réseau. Le réseau national joue un rôle central pour ces plateformes en fournissant des orientations et en abordant des enjeux communs. Cela se manifeste notamment à travers la tenue régulière d'ateliers, comme récemment celui sur la web-cartographie. Au cours de cet événement, plusieurs ingénieurs des plateformes Spatio travaillant sur cette question ont eu l'opportunité de présenter leurs travaux et d'échanger pour apporter des précisions, facilitant ainsi un premier accompagnement dans ce domaine. Le RnMSH assume également un rôle clé dans toutes les questions d'envergure nationale liées à la géomatique, mais également plus largement aux SHS et à la recherche. Cela inclut, par exemple, la nécessité de répondre à la question de la *Fairisation* des données, en mettant particulièrement l'accent sur les données spatiales et de modélisation 3D, pour lesquelles il est actuellement difficile de trouver des solutions. Pour surmonter ces défis, plusieurs solutions peuvent être envisagées. À l'échelle du réseau Spatio, il est essentiel de poursuivre la réflexion autour du développement d'un outil national adapté au spatial et à l'imagerie 3D, qui devrait être déployé par une infrastructure de recherche (IR*) ou un dispositif équivalent pour assurer sa pérennité. Des recommandations devraient également être formulées à l'attention des plateformes et des laboratoires des périmètres des MSH sur des aspects tels que l'archivage, les principes FAIR, et les plans de gestion des données adaptés au spatial et à l'imagerie 3D. Les plateformes, de leur côté, ont un rôle d'animation à jouer à ce niveau.

ANNEXES

MISSIONS PRINCIPALES DES MÉTIERS DE LA BAP D	54	GeoBFC Dijon	
		MSH Dijon	64
		Partenaires	64
PRÉSENTATION DES PLATEFORMES SPATIO	56	Équipements et logiciels utilisés	65
		Activités de la plateforme	65
ArkeoGIS		IntelEspace	
MISHA	56	MSH Clermont-Ferrand	66
Partenaires	56	Partenaires	66
Logiciels utilisés	57	Équipements et logiciels utilisés	67
Activités de la plateforme	57	Activités de la plateforme	67
Atelier numérique		MAPS	
MSH Val de Loire	58	MSH Mondes	68
Partenaires	59	Partenaires	68
Logiciels utilisés	59	Équipements et logiciels utilisés	69
Activités de la plateforme	59	Activités de la plateforme	69
CartoMundi		FICHES TECHNIQUES DES ÉQUIPEMENTS	70
MMSH	60	LISTE DES ACRONYMES	77
Partenaires	60	LISTE DES FIGURES	79
Logiciels utilisés	60		
Activités de la plateforme	60		
GeoBFC Besançon			
MSHE	61		
Partenaires	62		
Équipements et logiciels utilisés	62		
Activités de la plateforme	63		

MISSIONS PRINCIPALES DES MÉTIERS DE LA BAP D

Sciences de l'information géographique

Technicien	Assistant ingénieur	Ingénieur d'études	Ingénieur de recherche
Appliquer des méthodes et des techniques de collecte et représentation en Sciences de l'information géographique (Sc-IG) dans le cadre d'un projet de recherche ou d'une mission de service.	Appliquer des méthodes et des techniques de collecte, traitement, analyse, représentation et diffusion en Sc-IG en interaction avec une équipe de recherche ou un service.	Proposer et appliquer, en interaction avec une équipe de recherche ou un service, des méthodes et des techniques de collecte, traitement, analyse, représentation et diffusion en Sc-IG.	Proposer des méthodes et des techniques d'analyse et conduire les travaux des traitements de l'information géographique ; garantir la validité des résultats issus de la recherche ; développer et définir des problématiques de recherche en lien avec l'équipe de recherche.

Production, traitement et analyse des données

Technicien	Assistant ingénieur	Ingénieur d'études	Ingénieur de recherche
Participer à l'organisation des opérations de production de données ou des corpus et contribuer aux premiers traitements.	Participer à la conception d'un protocole de collecte et de traitement de corpus et de données, défini dans le cadre d'un projet de recherche et/ou d'étude en sciences humaines et sociales ; assurer sa mise en œuvre et contribuer à sa valorisation.	Concevoir et mettre en œuvre tout ou une partie d'un protocole de collecte et traitement de données ou corpus ; participer au choix, mobiliser et adapter les méthodes propres aux sciences humaines et sociales en relation avec les problématiques du collectif de recherche.	Concevoir et piloter des dispositifs de recherche ou d'études ; développer et conduire des méthodes d'exploitation, d'analyse de bases de données ou de corpus et en assurer la valorisation ; garantir la qualité et la validité des données produites et des traitements réalisés.

Recueil et analyse des sources archéologiques

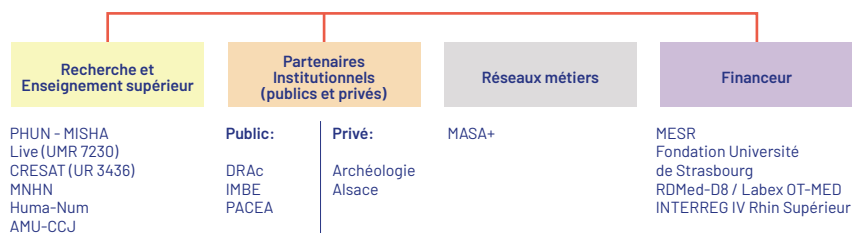
Technicien	Assistant ingénieur	Ingénieur d'études	Ingénieur de recherche
Réaliser des opérations de soutien aux activités de terrain et/ou de laboratoire.	Effectuer des fouilles et/ou des relevés de terrain et leur mise au net ; assurer l'entretien de collections de référence, et/ou le traitement du mobilier issu de la fouille ; effectuer le prélèvement, la conservation préventive et la représentation graphique du mobilier.	Mettre en œuvre la conduite technique d'un chantier archéologique et/ou d'une étude architecturale et/ou de l'étude du matériel issu de la fouille ; assurer l'enregistrement, l'analyse et la représentation des données de terrain.	Être responsable d'un chantier archéologique et/ou d'une étude architecturale et/ou de l'étude du matériel issu de la fouille ; déterminer la stratégie de fouille ou celle de l'étude architecturale ; choisir et développer les méthodes et techniques à mettre en œuvre sur le terrain et en laboratoire dans le cadre des programmes archéologiques.
	Réaliser l'analyse et/ou l'étude des matériaux archéologiques, à partir de procédures établies de façon concertée et les adapter en fonction de la nature des matériaux et des objectifs de recherche.	Effectuer l'analyse et/ou de l'étude des matériaux archéologiques par la mise en œuvre de méthodes relevant des disciplines : chimie, physique, sciences de la Terre et de la Vie, sciences environnementales.	Définir et conduire la stratégie de mise en œuvre d'un ensemble de techniques archéométriques ; développer des méthodes et des techniques relevant des disciplines comme la chimie, la physique, les sciences de la Terre et de la Vie, les sciences environnementales ; analyser et le traiter des matériels issus de la fouille.

PRÉSENTATION DES PLATEFORMES SPATIO

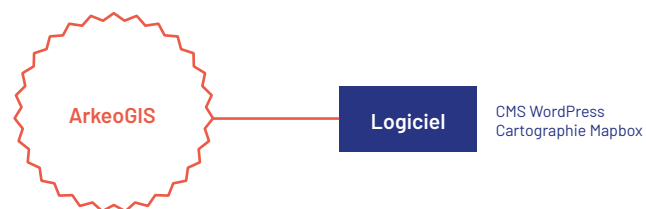
ArkeoGIS MISHA

La plateforme a été créée en 2006 avec pour objectif de faciliter le partage de données entre chercheurs en archéologie, environnement et histoire, notamment entre l'Allemagne et la France. Initialement développé, de manière autonome, par le responsable de la plateforme, alors que Huma-Num était encore connue sous le nom de TGE Adonis, le projet a bénéficié par la suite du financement d'un INTERREG pour le développement du site internet. L'accès à la plateforme est ouvert à tout professionnel qui en fait la demande (personnels du CNRS, des universités, des musées, de l'archéologie préventive, des collectivités territoriales, du ministère de la Culture et de la Communication), avec une inscription obligatoire pour accéder aux données. En parallèle, un outil en accès libre, ArkeOpen, permet aux utilisateurs de mettre en ligne et de partager librement les données qu'ils choisissent de rendre publiques. Les activités proposées par la plateforme comprennent l'administration et la gestion de bases de données, la cartographie interactive, la formation des utilisateurs aux logiciels et la mise à disposition de tutoriels. Les domaines et disciplines faisant appel à la plateforme englobent l'archéologie, la géographie et l'hydrologie. Les types de données produites comprennent des bases de données, des métadonnées et des cartes interactives.

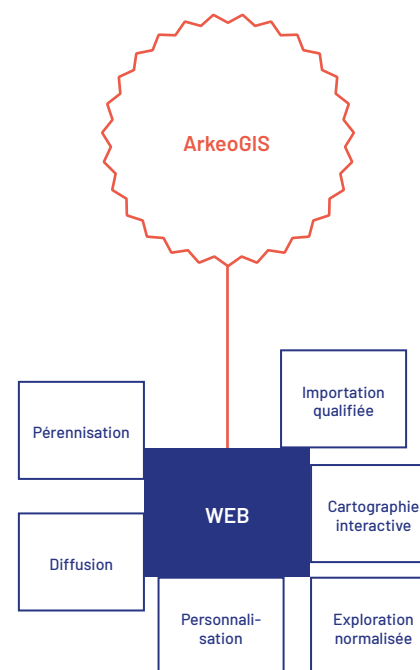
Partenaires



Logiciels utilisés



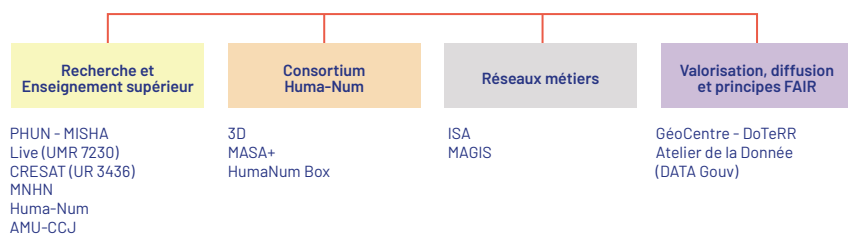
Activités de la plateforme



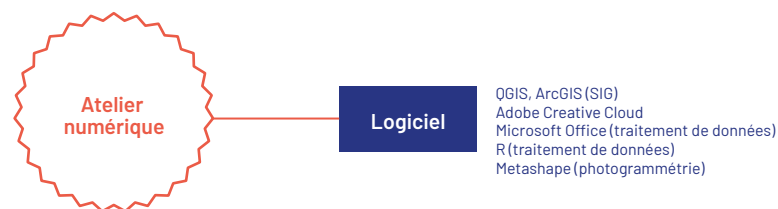
Atelier numérique MSH Val de Loire

C'est en 2013 que l'Atelier numérique a été créé au sein de la MSH Val de Loire. Cette initiative a conduit à la consolidation des plateformes préexistantes sous une même entité, favorisant ainsi le développement de leurs activités. Auparavant, celles-ci étaient dispersées en différents lieux. La création de la plateforme Spatio au sein de la MSH visait à coordonner et à soutenir les équipes universitaires qui manquaient de ressources humaines ou matérielles pour leurs projets de géomatique à l'université de Tours. Cette démarche favorisait également la collaboration et le partage de connaissances entre les chercheurs afin de mieux répondre aux appels à projets. Initialement centrée sur les archéologues, la plateforme a élargi son champ d'action pour inclure d'autres disciplines, conformément aux principes de la charte du RnMSH. Le laboratoire CITERES, formé à partir de trois laboratoires initiaux, est devenu le noyau de cette plateforme. La plateforme est ouverte à une large communauté de chercheurs, notamment aux 22 unités de SHS de la région Centre-Val de Loire, regroupant plus de 1200 chercheurs issus du CNRS et des universités d'Orléans et de Tours. Elle peut également accueillir, après examen des projets et établissement d'un cahier des charges, des partenaires socio-économiques telles que les collectivités territoriales et les institutions culturelles. Les activités proposées par la plateforme couvrent un large éventail de services en géomatique et en informatique géographique. Cela inclut la fourniture d'informations géographiques, l'acquisition de données géolocalisées à l'aide de technologies tels que le LiDAR et les drones, la gestion de bases de données spatiales, l'analyse spatiale, la cartographie et la restitution cartographique *via* des interfaces web, ainsi que le stockage et le catalogage de données géographiques. Quant aux types de données produites, la plateforme génère des données variées, notamment des données vectorielles, des cartes et données historiques, ainsi que des données acquises par drones pour le traitement post-acquisition, bien que cette dernière catégorie soit associée à la plateforme Audio-Visio de la MSH Val de Loire.

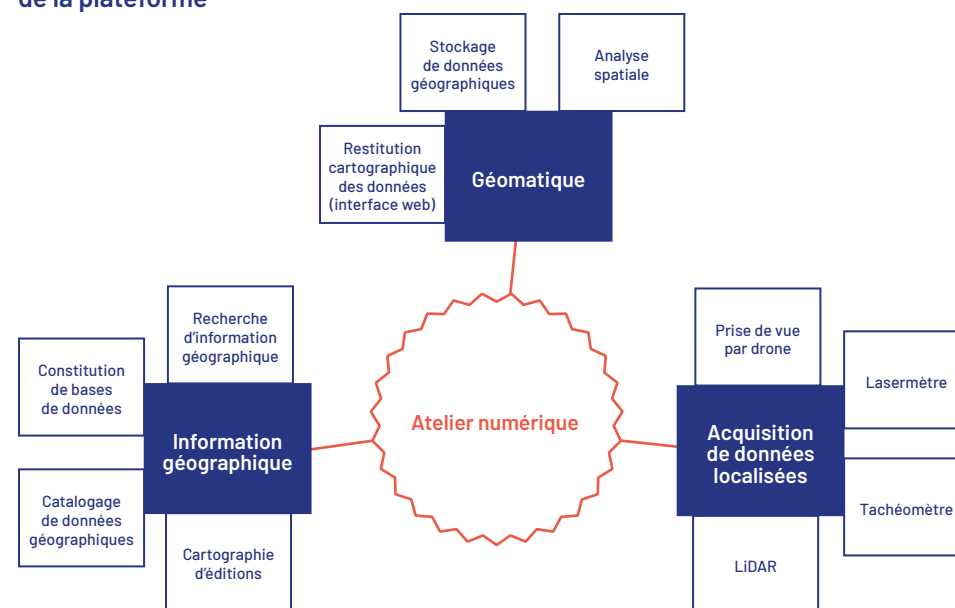
Partenaires



Logiciels utilisés



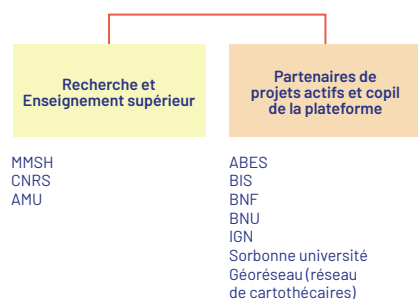
Activités de la plateforme



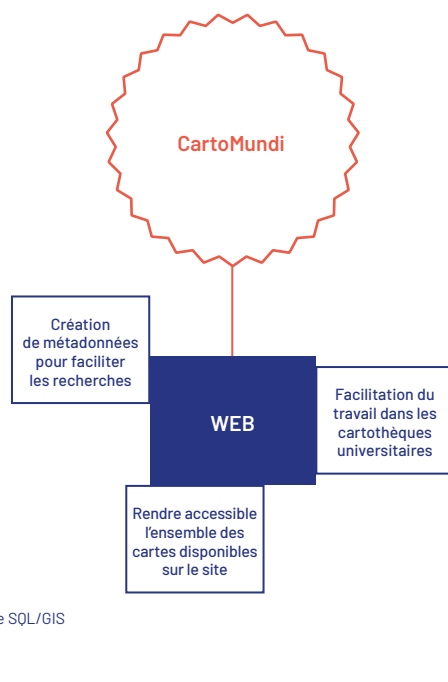
CartoMundi MMSH

La plateforme a été créée en 2011 dans le but d'offrir un soutien au développement des carto-thèques au sein des universités. Un nouveau site internet sera lancé au cours du printemps 2024, incluant un outil de SIG (Pericart) permettant de faciliter les travaux de vectorisation pour les utilisateurs travaillant dans les carto-thèques. La plateforme est accessible à tous les établissements publics ou privés, en France ou à l'étranger, qui disposent d'un fonds de cartes anciennes. L'inscription, la mise à disposition des documents par les partenaires, ainsi que la consultation du site sont gratuites. Les activités proposées par la plateforme incluent notamment le web mapping, la cartographie et le traitement des données. La plateforme est ouverte à toutes les disciplines. Pour les sciences humaines et sociales, les principaux domaines qui font appel aux services de la plateforme sont l'archéologie, la géographie et l'histoire. Les types de données produites incluent la numérisation de cartes anciennes avec des images au format JPEG ainsi que les différentes métadonnées associées aux documents.

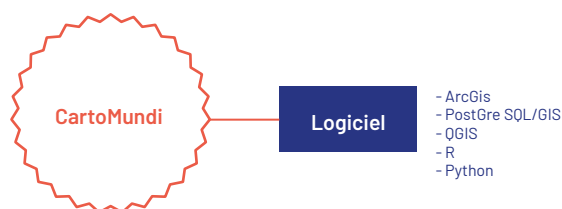
Partenaires



Activités de la plateforme



Logiciels utilisés



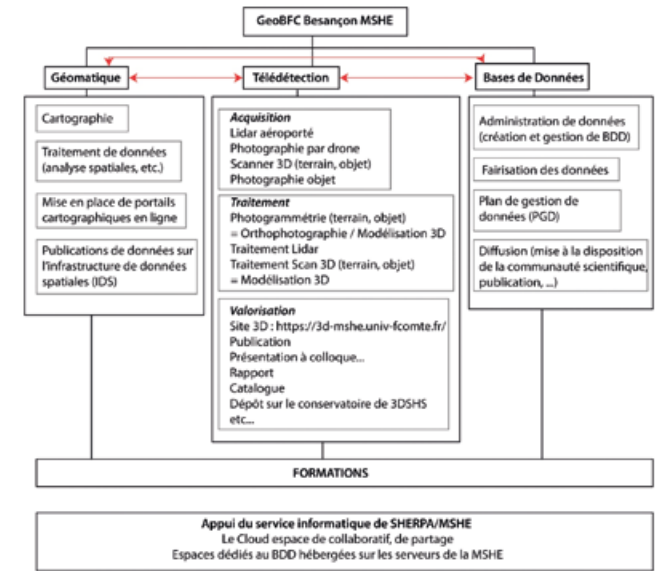
GeoBFC Besançon MSHE

GeoBFC Besançon est une des trois composantes de la plateforme SHERPA de la MSHE, aux côtés de NuAnCES (Numérisation et Analyse de Corpus pour la Recherche Scientifique) et d'ESCCo (Expérimentations pour les Sciences du Comportement et de la Cognition). Avec GeoBFC Dijon, elle est labellisée au sein de la plateforme interrégionale GeoBFC par le CNRS en 2012. En 2020 et 2021 elle obtient les labellisations UFC (université de Franche-Comté) et UBFC (Université de Bourgogne Franche-Comté) via SHERPA. Dès sa création, les activités de GeoBFC Besançon sont tournées essentiellement vers la gestion des données spatiales sur l'ensemble de leur cycle de vie, de l'acquisition à la diffusion. Depuis 2016, GeoBFC Besançon s'est développée sur plusieurs axes : le renforcement des opérations d'acquisition 3D ; le soutien technique aux actions de recherche de la MSHE ; le développement d'une stratégie de diffusion des données géographiques ; et enfin la participation à plusieurs réseaux nationaux (3DSHS, Masa+, GDR MAGIS, Drones&Cap', SIST...). La plateforme SHERPA, via GeoBFC Besançon, est aujourd'hui dotée d'un ensemble performant d'équipements d'acquisition de données tridimensionnelles permettant les relevés à plusieurs échelles allant de quelques hectares de terrain jusqu'à des objets centimétriques. Ces dispositifs d'acquisition et de traitement de données sont soutenus par une architecture informatique permettant le stockage sécurisé d'importants volumes de données (nuage de points, photographie aérienne, bases de données relationnelles, etc.) et offrant les outils nécessaires à leur partage et leur diffusion. Si les services de la plateforme GeoBFC Besançon sont accessibles de plein droit à tous les personnels des laboratoires de recherche en SHS fédérés par la MSHE, quels que soient leurs disciplines ou leurs domaines d'études, ils sont aussi ouverts à l'ensemble du monde académique ainsi qu'à d'autres acteurs publics ou privés tels que des musées, des associations, l'EPCC Bibracte (site, musée et centre archéologique européen), des collectivités ou des entreprises. Au-delà des activités de soutien à la recherche structurées autour de la télédétection, de la géomatique et des bases données, GeoBFC Besançon consacre une part non négligeable de ses activités à la formation, aussi bien pour les étudiants (masterants, doctorants) que pour les chercheurs et ingénieurs en activité.

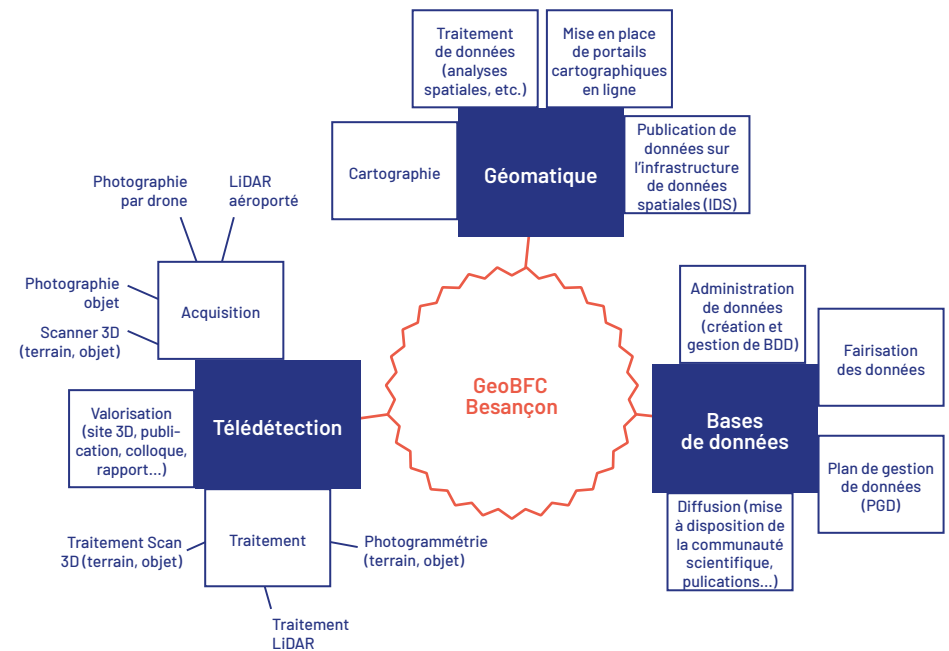
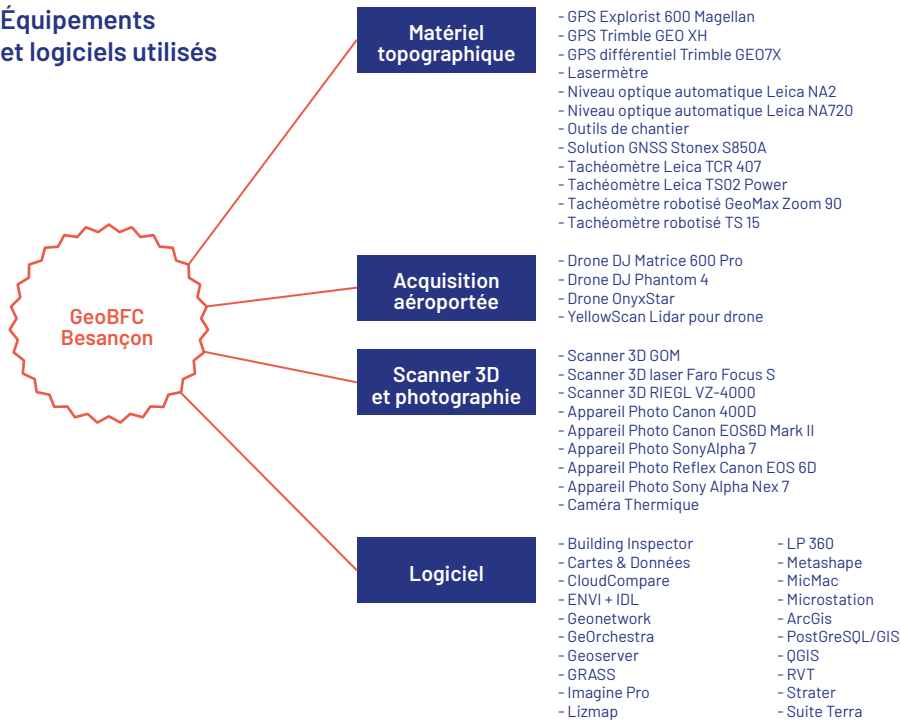
Partenaires



Activités de la plateforme



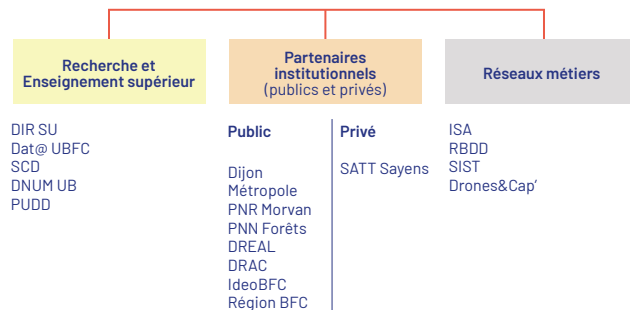
Équipements et logiciels utilisés



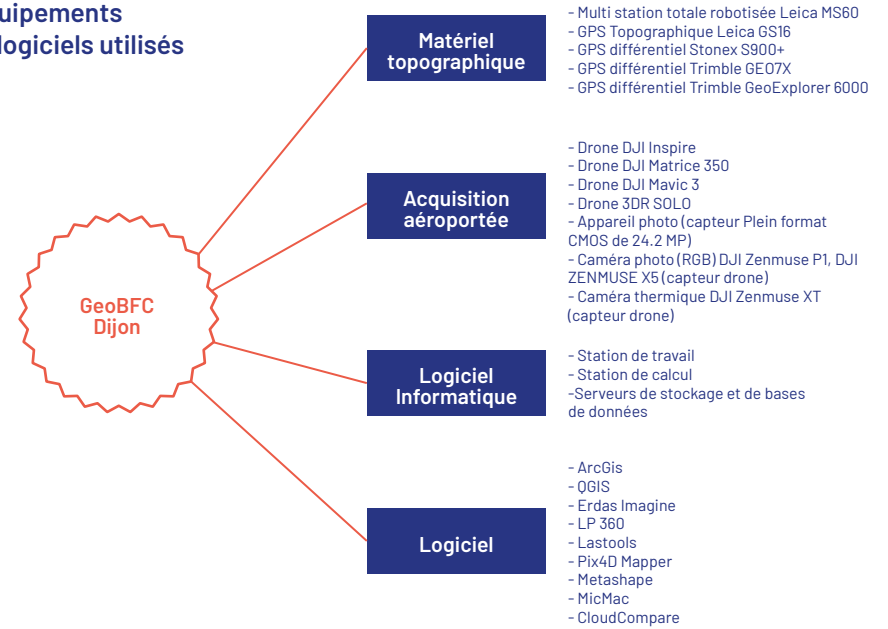
GeoBFC Dijon MSH Dijon

Ancien PGC (Pôle Géomatique et Cartographie) de la MSH de Dijon, GeoBFC Dijon s'est structuré en 2012 en tant que pôle géomatique dijonnais, auprès de GeoBFC Besançon de la MSHE de Besançon, au sein d'une plateforme de géomatique interrégionale. Ce pôle met à disposition des chercheurs et des doctorants des équipements et des compétences couvrant le domaine de l'information spatiale, de l'acquisition des données à la restitution des résultats obtenus par divers traitements et méthodes d'analyse. En outre, GeoBFC contribue activement à l'élaboration de protocoles méthodologiques, d'outils et d'applications. L'offre de service de la plateforme est ouverte à tous les chercheurs, ingénieurs et doctorants des laboratoires fédérés, ainsi qu'au monde socio-économique et culturel. Les activités proposées par la plateforme comprennent la modélisation conceptuelle des données spatialisées, l'analyse spatiale, la restitution cartographique des données (interface web), la production de charte graphique sur mesure, la modélisation de blocs topographiques 3D, ainsi que la production de modèles de visualisation des données. Une diversité de domaines et de disciplines fait appel à la plateforme, incluant l'archéologie, la biologie environnementale, la géographie, la sociologie et les géosciences. Les types de données produites sont principalement des documents de travail destinés à des publications scientifiques ou à la valorisation scientifique, comme la vulgarisation et la diffusion des résultats de recherche.

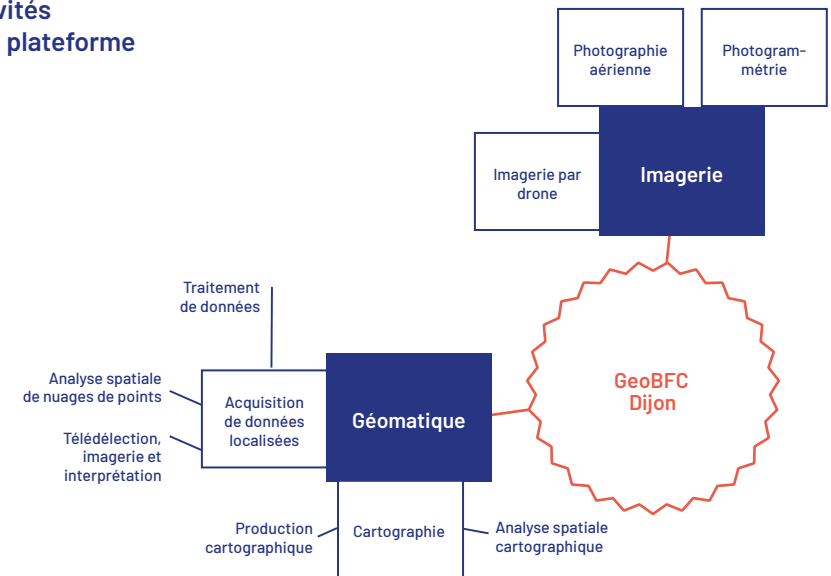
Partenaires



Équipements et logiciels utilisés



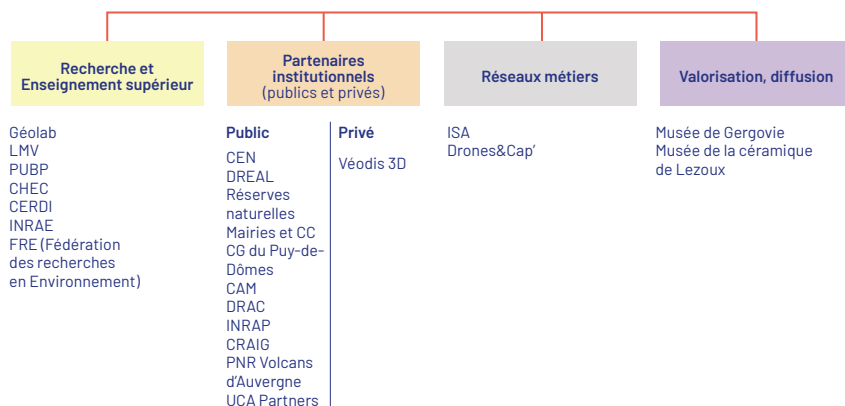
Activités de la plateforme



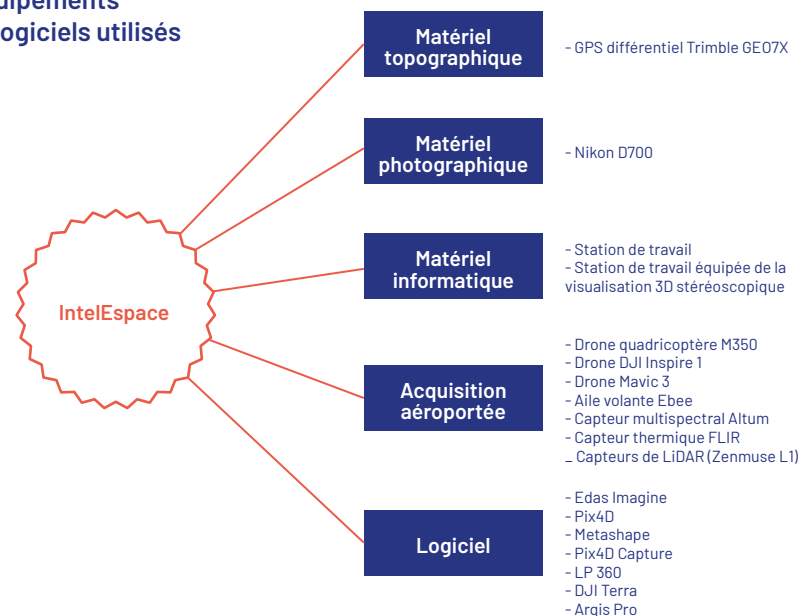
IntelEspace MSH Clermont-Ferrand

Le pôle de compétence a été créé en 2009 par un ingénieur d'études, avec pour objectif de répondre aux besoins en analyse et en traitement de données dans le domaine de la géomatique en appui aux laboratoires hébergés par la MSH de Clermont-Ferrand. Cette initiative a été lancée suite à la demande des laboratoires de la MSH qui souhaitent disposer d'un appui en géomatique. Le responsable de la plateforme est un géomaticien spécialiste en géographie environnementale. Afin d'équilibrer les compétences disciplinaires, un archéologue a rejoint la plateforme en 2013. Actuellement la plateforme est animée par quatre ingénieurs de recherche titulaires, et est appuyée en continu par des ingénieurs en CDD et des post-doctorants qu'elle héberge. Les interventions d'IntelEspace concernent plus spécifiquement les disciplines telles que la géographie environnementale, la géographie humaine, l'histoire et l'archéologie. Dans une moindre mesure, elle intervient aussi en économie, en littérature et en agriculture. Elle développe aussi des relations étroites avec des disciplines hors SHS telles que l'écologie et la géologie. L'accès à la plateforme est principalement réservé aux enseignants-chercheurs, aux doctorants, et aux étudiants de master. Les activités proposées couvrent un large éventail, comprenant des services tels que les systèmes d'information géographique (SIG), l'acquisition de données par drone équipés de plusieurs capteurs, la cartographie historique, la photogrammétrie stéréoscopique et multi-images, le traitement de la donnée LiDAR terrestre et aérienne, la télédétection, l'administration et la gestion de bases de données, ainsi que les géostatistiques. La plateforme développe des collaborations étroites avec des partenaires extérieurs telles que les collectivités territoriales et avec une entreprise privée spécialisée en environnement. Elle propose, dans ce contexte, ses services pour des collaborations de recherche ou des prestations externes. Elle a aussi un rôle pédagogique auprès d'étudiants de master ou dans le cadre de formations continues, et un rôle d'accompagnement auprès de doctorants et de post-doctorants.

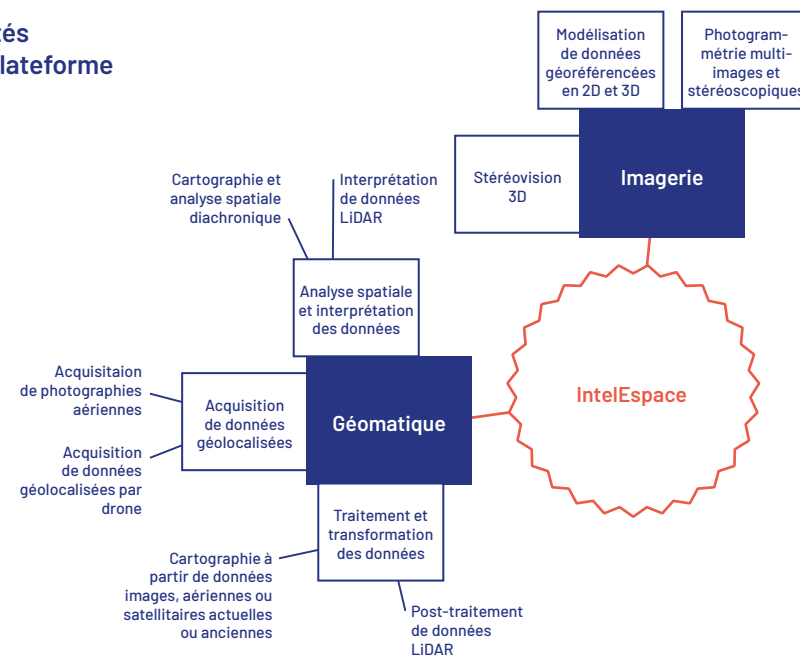
Partenaires



Équipements et logiciels utilisés



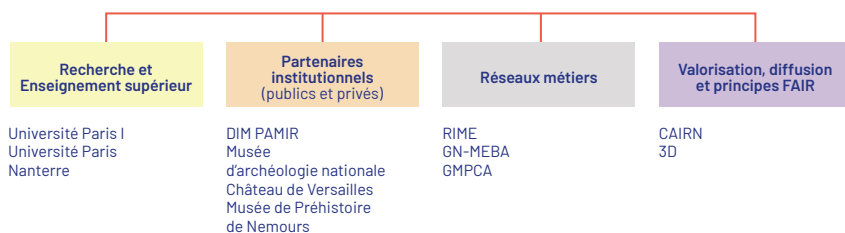
Activités de la plateforme



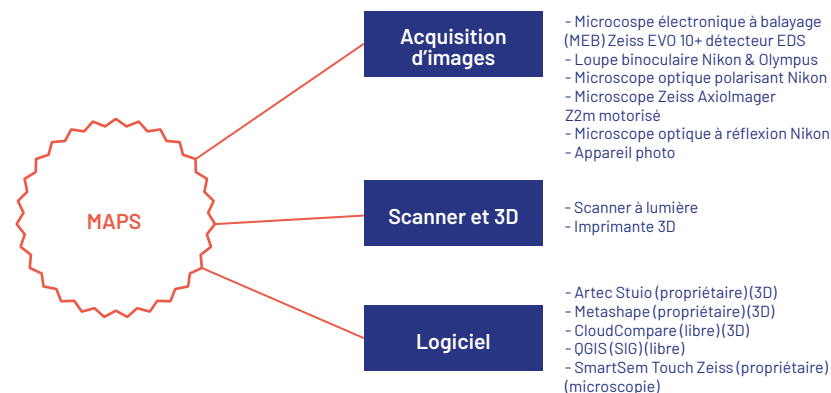
MAPS MSH Mondes

En 2001, la plateforme ArchéoScopie a été créée, marquant le début d'un dispositif d'accompagnement à la recherche en archéologie. En 2012, elle a obtenu le Label Plateforme technologique du Réseau national des Maisons des Sciences de l'Homme (RnMSH), reconnaissant ainsi la qualité de ses services. En 2015, elle a été intégrée au réseau Spatio. ArchéoScopie, désormais MAPS depuis 2023 suite à son ouverture aux unités de recherche des Universités Paris Nanterre et Paris 1, est une plateforme de proximité au cœur des projets de recherche menés par les chercheurs de la MSH Mondes et d'autres institutions. L'acquisition du microscope électronique à balayage (MEB) a renforcé son ancrage dans ces programmes. Principalement utilisée par des étudiants en master (80% des utilisateurs), la plateforme accueille également des chercheurs extérieurs à la MSH, qui sont membres du réseau francilien du DIM PAMIR, pour des projets ponctuels. Les domaines et disciplines faisant appel à la plateforme comprennent l'archéologie, la géographie, l'histoire de l'art, les sciences des matériaux, la conservation du patrimoine, ainsi que la physique et la chimie. Les activités proposées par la plateforme incluent la microscopie électronique et optique, la modélisation 3D à travers la photogrammétrie et les scanners, l'impression 3D, ainsi que la cartographie SIG.

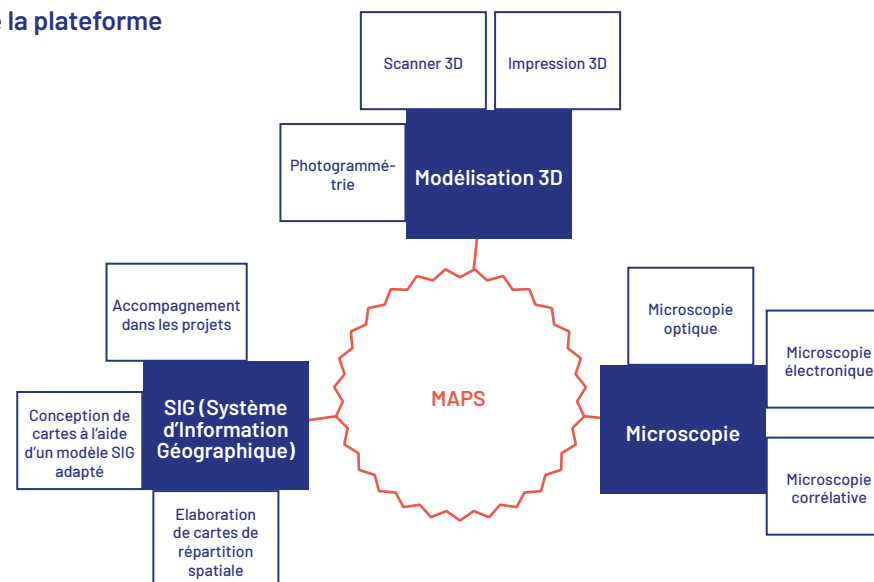
Partenaires



Équipements et logiciels utilisés



Activités de la plateforme



FICHES TECHNIQUES DES ÉQUIPEMENTS

LUCILE PILLOT, AVEC LA COLLABORATION DE JONATHAN DESMEULLES,
GEOBFC DIJON, MSH DE DIJON

LE DRONE

Définition

Un drone est également appelé vecteur, aéronef non habité ou véhicule aérien sans pilote (UAV). La CNIL en donne la définition suivante : « un engin d'observation, d'acquisition et de transmission de données géolocalisées ». Un drone est au sens strict un appareil sans pilote à bord. Il est généralement piloté à distance par un opérateur humain, mais peut avoir un degré plus ou moins important d'autonomie (par exemple pour éviter des collisions ou gérer les conditions aérologiques¹). Un drone est avant tout une plateforme sur laquelle peuvent être embarqués des capteurs mobiles. Le principe de l'acquisition par drone est de survoler la zone à modéliser avec une hauteur de vol constante pour avoir une résolution des photographies qui varie peu. Un recouvrement entre chaque cliché est nécessaire (conseillé entre 60 à 80%). Il permet un assemblage robuste lors du traitement.

Quelques capteurs mobiles embarqués sur une plateforme drone

Le LiDAR

Le LiDAR ou télédétection par laser² (en anglais Light Detection and Ranging ou Laser Detection and Ranging) réside sur le principe de la mesure d'un rayonnement émis artificiellement. Il fonctionne en émettant des impulsions laser en direction de la surface de la terre, dont il reçoit et calcule la rétrodiffusion³, en mesurant avec précision la durée nécessaire au rebond du laser qui a interagi avec des surfaces, calculant ainsi la distance qui le sépare de la cible. Le résultat obtenu est un nuage de points dense, une collection de points référencés dans l'espace qui représente la surface de l'environnement (leurs positions (X, Y, Z), leurs intensités, la couleur RGB et les angles azimutaux et zénithaux).

La qualité d'une acquisition LiDAR dépend de trois paramètres : la densité, la précision, et l'exactitude des nuages de points. La densité définit le nombre de points acquis par unité de surface. Elle est conditionnée par le balayage laser et la distance avec la cible : plus la densité est élevée, plus la description sera fidèle et plus l'espacement entre les points du nuage sera faible. La précision dépend du bruit de la mesure, générant une erreur sur le positionnement des coordonnées en X, Y, Z. L'exactitude dépend de la répétabilité de la mesure.

Le LiDAR permet de capturer des données d'élévation précises, ce qui en fait un choix privilégié pour la modélisation de l'élévation et la cartographie du terrain, en particulier dans les zones à la topographie complexe ou à la végétation dense.

1 L'étude des propriétés des régions inférieures de l'atmosphère.

2 Le laser est un dispositif qui amplifie la lumière et la rassemble en un étroit faisceau, dit cohérent, où ondes et photons associés se propagent en phase, au lieu d'être arbitrairement distribués. Cette propriété rend la lumière laser extrêmement directionnelle et d'une grande pureté spectrale.

3 La rétrodiffusion est la partie de la diffusion d'ondes, de particules ou de signaux vers leur direction d'origine.

L'hyperspectral

Les caméras hyperspectrales permettent de réaliser des photographies sur l'ensemble des longueurs d'ondes visibles et le proche infrarouge⁴. L'objectif est d'avoir une image composée de plusieurs canaux, où chaque canal correspond à une bande spectrale. L'imagerie hyperspectrale intègre une dimension spatiale à la mesure photographique. Elle peut être vue comme une fonction à trois variables : x et y (l'information spatiale : la position du pixel dans l'image), et L (l'information spectrale : la longueur d'onde). À la différence d'un appareil photo classique, les caméras hyperspectrales permettent l'acquisition dans des spectres de longueurs d'ondes plus grandes. L'objectif est de mettre en évidence différents matériaux et indices sur une image afin de pouvoir les quantifier ou les qualifier.

Le thermique

Les caméras thermiques mesurent la température de la surface d'une cible (objet, zone, etc.). Elles sont conçues pour détecter les changements de température subtils pour les surfaces non réfléchissantes qui possèdent un degré d'émissivité élevé.

Une caméra thermique comporte un capteur spécialisé (un microbolomètre), lequel laisse passer les fréquences infrarouges, ainsi qu'un outil de traitement d'image. Le capteur thermique de la caméra détecte les longueurs d'onde infrarouge et les convertit en signaux électroniques. Après la réception des signaux, le processeur d'image crée ce que l'on appelle un thermogramme (ou image thermographique). Elle est composée d'une carte de couleurs affichant différentes valeurs de température.

Objectif et apport pour la recherche

En fonction des capteurs embarqués sur le drone, ceux-ci vont permettre de produire une documentation originale qui pourra être intégrée à la chaîne de traitement géomatique. Typiquement, des capteurs photographiques, LiDAR ou multispectrales vont permettre de répondre à l'essentiel des demandes des équipes de recherche.

ACQUISITION DE DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

Définitions des systèmes GNSS, GPS et RTK

Le GNSS

Le système de positionnement par satellites (en anglais G.N.S.S. pour Global Navigation Satellite System) fonctionne avec un ensemble de satellites (constellation), lequel permet d'obtenir les coordonnées géographiques d'une position sur le globe. La précision varie en fonction de beaucoup de paramètres : la précision souhaitée en fonction de l'usage, le nombre de satellites utilisés dans la constellation (*a minima*, théoriquement, 3 satellites sont nécessaires pour obtenir une position). Le principe se base sur un récepteur qui reçoit les informations émises par les satellites disponibles dans sa zone et celui-ci en déduit la position, d'après les données qu'il reçoit des satellites.

4 L'infrarouge est une onde électromagnétique, dont le nom signifie « en dessous du rouge » (du latin infra : « plus bas »), car ce domaine prolonge le spectre visible du côté du rayonnement de fréquence la plus basse, qui apparaît de couleur rouge.

Ce terme regroupe l'ensemble des matériels et des installations permettant le positionnement par satellites.

Le GPS différentiel

À l'origine, le système GPS (Global Positioning System), ou système de positionnement global est un système de positionnement par satellite conçu et mis en service par le U.S. Department of Defense (DoD). Il fournit des informations de temps, de position et de vitesse, n'importe où et n'importe quand sur la surface de la Terre, avec précision et rapidité. Le récepteur GPS ou Mobiles, en tant que tel, permet la réception du signal d'une constellation de satellites. Aujourd'hui, plusieurs constellations de satellites sont disponibles : GPS (USA), Glonass (Russie), Galileo (Europe), Beidou (Chine).

Les satellites émettent un signal, utilisant les ondes radioélectriques correspondant à deux fréquences différentes qui se propagent à la vitesse de la lumière. Ce signal est lu par les récepteurs GPS, lesquels calculent le temps mis par le signal pour parcourir la distance entre eux et le satellite, en utilisant la trilatération⁵. Afin d'obtenir une pseudo-distance⁶, cette mesure de temps est multipliée par la vitesse du signal. Le récepteur GPS doit *a minima* capter les signaux de quatre satellites pour obtenir des coordonnées géographiques (latitude, longitude, altitude) et à un temps T pour estimer le décalage des horloges.

La difficulté est que la précision par les récepteurs n'est pas constante dans le temps. Plusieurs sources d'erreurs affectent la qualité de la précision de la position estimée, lesquelles proviennent du système (traversée des couches environnementales, erreurs d'horloge, erreurs de trajectoire des satellites) et de conditions environnementales (mauvaise géométrie des satellites – position entre eux, multitrajet – réflexion du signal sur des obstacles proches comme des arbres). Cela affecte la qualité de la position considérée avec une marge d'erreur estimée entre 5 et 10 m en précision horizontale, et deux fois plus en altitude. Ces marges d'erreur peuvent par ailleurs varier durant toute la levée sur le terrain, engendrant une précision relative qui n'est pas constante.

Afin d'améliorer la précision des mesures, le GPS est employé en mode différentiel, *via* le Differential Global Positioning System (DGPS). Le mode différentiel permet d'augmenter la précision des mesures GPS en supprimant tout ou partie des erreurs affectant les mesures de position. Suivant le modèle de récepteur GPS, plusieurs modes différentiels peuvent être utilisés, parmi lesquels le mode différentiel sur le Code, la Phase, en Temps réel (immédiat) ou en Post-Traitement (différé). Chaque mode possède ses avantages et ses contraintes. La précision maximum obtenue en mode différentiel est de quelques millimètres environ, et concerne principalement les applications de géodésie et de topographie. Le principe général du mode différentiel repose sur l'hypothèse qu'un autre récepteur GPS, appelé station de référence (ou Base) est implanté sur un point fixe pour lequel on connaît ses coordonnées. Cette base reçoit les signaux des mêmes satellites que le récepteur mobile. On corrige les enregistrements du récepteur mobile à l'aide des enregistrements de cette base, considérant que leurs variations observées sont équivalentes (correction différentielle). Les données de la Base sont soit transmises au

récepteur mobile en temps réel à l'aide d'un radio ou utilisées dans une seconde phase de post-traitement.

Le RTK

Le RTK (Real Time Kinematic) ou Cinématique temps réel est un dispositif permettant de transmettre en temps réel les données de corrections d'une base d'observation aux GPS mobiles. Cette technique se base sur l'utilisation de mesures de la phase des ondes porteuses des signaux émis par les systèmes GPS, GLONASS ou Galileo. Une station de référence fournit des corrections en temps réel permettant d'atteindre une précision centimétrique. En pratique, le RTK utilise une station de base fixe à la position connue, et un certain nombre de récepteurs mobiles. La station de base compare la position calculée à partir du signal GPS et la position réelle, puis réémet les corrections à apporter vers les récepteurs mobiles. Cela permet aux mobiles de calculer leur position relative avec une précision de quelques millimètres, bien que leur position absolue soit aussi précise que la position de la station de base.

Définition de la Station Totale

Une station totale aussi appelé tachéomètre électronique est un théodolite électronique qui mesure les angles et les distances en utilisant un faisceau laser de précision. Cet équipement mesure des angles horizontaux et verticaux et permet ainsi de faire de la triangulation⁷ : il calcule un angle, à partir du point connu sur lequel il est fixé, entre le point à relever et un point de référence. Il mesure aussi les distances : la mesure se fait à l'aide d'un télémètre à visée infrarouge et d'un réflecteur (également appelé prisme), placé sur le point à relever. Les stations totales permettent la saisie automatique des coordonnées (x, y, z) des points visés et leur stockage dans un format numérique, sous forme de fichiers de points exploitables ensuite (sous forme de listes de points codés associés à leurs coordonnées). On peut enregistrer des mesures, des coordonnées, des points et des lignes. Le tachéomètre est un appareil fréquemment utilisé en topographie dans toutes les opérations de levée de terrain (levée topographique). Les mesures prises permettent de caractériser un triangle géodésique, et donc soit d'établir une carte ou un plan, soit de vérifier la cohérence entre un plan et la réalité du terrain. L'utilisation d'un système laser permet aussi d'effectuer une mesure de distance par télémétrie laser⁸, ce qui permet d'utiliser comme cible des endroits inaccessibles.

Objectif et apport pour la recherche

Les outils topographiques vont permettre d'apporter à une documentation de terrain une précision géographique maîtrisée. La topographie est selon la définition de l'Association Francophone de Topographie, une « technique qui a pour objet l'exécution, l'exploitation et le contrôle des observations concernant la position planimétrique et altimétrique (exécution et par extension, représentation du relief sur un plan ou une carte) ». En utilisant des instruments adaptés, la topographie fournit des mesures d'angles et de distances. En fonction de la précision demandée par les équipes de recherche en SHS, les équipes géomatiques vont définir les outillages et les méthodologies à mettre en place sur le terrain

⁵ Méthode mathématique qui consiste à calculer la position d'un point à partir des longueurs des côtés d'un triangle.

⁶ C'est à dire une distance qui comporte un certain nombre d'erreurs relatives aux difficultés de synchronisation entre les horloges des GPS et des satellites et à la dégradation du signal radio lors de la traversée de l'atmosphère.

⁷ La triangulation est la méthode de calcul en trigonométrie qui permet de déterminer une distance en calculant la longueur de l'un des côtés d'un triangle, et en mesurant deux angles de ce triangle.

⁸ La télémétrie laser permet de mesurer les distances. Un rayon laser est projeté sur une cible qui renvoie à son tour le rayon lumineux.

(un GPS est moins précis qu'une station totale). Que ce soit en planimétrie (la réalisation de plans) ou en complément de l'utilisation de drones, cette précision va permettre la production d'une documentation scientifique de qualité, et intégrable dans les chaînes de traitements géomatiques.

LE SCANNER 3D

Définition

Sous le terme « scanner 3D », on désigne plusieurs types d'appareils. Il s'agit de tous les dispositifs qui mesurent le monde physique à l'aide de lasers, de lumières ou de rayons X et générant des nuages de points denses ou des maillages de polygones, comme : numériseurs 3D, scanners laser, scanners à lumière blanche, tomographes⁹ industriels, LiDAR, etc. Tous ces équipements saisissent la géométrie d'objets physiques à l'aide de centaines, de milliers, voire de millions de mesures.

Il existe de nombreuses approches différentes de la numérisation 3D, basées sur différents principes d'imagerie, à plus ou moins longues portées.

Les scanners 3D à courte portée (distance focale inférieure à 1 mètre)

Scanners 3D à triangulation laser : les scanners à triangulation laser utilisent soit une ligne laser, soit un point laser unique pour balayer un objet. Un capteur capte la lumière laser réfléchi par l'objet et le système calcule la distance entre l'objet et le scanner par triangulation trigonométrique. La distance entre la source laser et le capteur est connue très précisément, ainsi que l'angle entre le laser et le capteur. La lumière laser étant réfléchi par l'objet scanné, le système peut discerner l'angle auquel elle revient vers le capteur et donc la distance entre la source laser et la surface de l'objet.

Scanners 3D à lumière structurée (lumière blanche ou bleue) : les scanners à lumière structurée utilisent également la triangulation trigonométrique, mais ils projettent une série de motifs linéaires sur un objet. Ensuite, en examinant les bords de chaque ligne du motif, ils calculent la distance entre le scanner et la surface de l'objet. Fondamentalement, au lieu de voir une ligne laser, la caméra voit le bord du motif projeté et calcule la distance de la même manière.

Les scanners 3D à moyenne et à longue portée (distance focale supérieure ou égale à 1 mètre)

Scanners 3D à impulsions laser : les scanners à impulsions laser (ou scanners à temps de vol), reposent sur le fait que la vitesse de la lumière est connue avec une grande précision. Ainsi, si nous savons combien de temps il faut à un laser pour atteindre un objet et le renvoyer à un capteur, nous savons à quelle distance se trouve cet objet. Ces systèmes utilisent des circuits précis à quelques picosecondes près pour mesurer le temps nécessaire à des millions d'impulsions laser pour revenir au capteur et calculer une distance. En faisant tourner le laser et le capteur (généralement via un miroir), le scanner peut balayer jusqu'à 360 degrés autour de lui.

Scanners 3D par décalage de phase : les scanners laser par décalage de phase sont une

autre technologie de scanner 3D à temps de vol. Ils reposent sur le même principe que les systèmes à impulsions. Outre l'impulsion laser, ces scanners modulent également la puissance du faisceau laser et comparent le décalage de phase entre le rayon émis et le rayon reçu. La mesure par décalage de phase est plus précise.

Objectif et apport pour la recherche

Pour la recherche, les scanners 3D permettent d'obtenir des modèles 3D des objets d'étude, lesquelles peuvent être finement analysés.

L'IMPRIMANTE 3D

Définition

L'impression 3D regroupe les procédés de fabrication permettant de créer des pièces en volume par l'ajout de matière en couches successives. Le point de départ est un fichier informatique représentant l'objet en trois dimensions, décomposé en tranches. Ces informations sont envoyées à une imprimante 3D qui va réaliser la fabrication par ajout de couches successives.

Il existe différentes techniques d'impression 3D, lesquelles diffèrent en fonction de la matière première utilisée :

- Fused Deposition Modeling (FDM) : dépôt par extrusion d'un fil de plastique ABS ou PLA fondu ;
- Stereolithography Apparatus (SLA) : des élastomères ou plastiques thermodurcissables liquides sont polymérisés couche par couche par un laser ;
- Continuous Liquid Interface Production (CLIP) : une résine liquide est polymérisée par un laser ultraviolet dans un environnement où la teneur en oxygène est contrôlée ;
- Frittage sélectif par laser ou Selective Laser Sintering (SLS) : des thermoplastiques, métaux ou céramiques sous forme de poudre sont frittés couche après couche par un laser ;
- Fusion sélective par laser ou Selective Laser Melting (SLM) : des métaux, plastiques et céramiques sous forme de poudre sont fondus couche après couche par un laser.

Objectif et apport pour la recherche

L'impression 3D permet de réaliser des objets, des pièces détachées ou encore des prototypes. Elle est utilisée dans la recherche pour les projets de recherche, souvent pour modéliser des objets d'étude, comme des maquettes urbaines ou topographiques par exemple.

⁹ Appareil produisant des tomographies, des images à partir d'une série de mesures effectuées par tranche depuis l'extérieur de cet objet.

LA MEB

Définition

La microscopie électronique à balayage (MEB) ou *scanning electron microscope (SEM)* en anglais est une technique de microscopie électronique, permettant de visualiser la surface de structures massives, l'échantillon apparaissant en volume. Elle permet de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon en utilisant le principe des interactions électrons-matière. Elle consiste en un faisceau d'électrons très fin balayant, point par point, la surface de l'échantillon à observer qui, en réponse, réémet certaines particules. Ces particules sont analysées par différents détecteurs qui permettent de reconstruire une image en trois dimensions de la surface. Le principe du balayage consiste à parcourir la surface de l'échantillon par lignes successives et à transmettre le signal recueilli *via* un détecteur vers un écran cathodique dont le balayage est exactement synchronisé avec celui du faisceau incident.

L'utilisation des électrons permet d'améliorer la résolution, c'est à dire le pouvoir séparateur du microscope. Grâce à l'utilisation de particules accélérées (électrons) de longueur d'onde associée plus courte que celle des photons, le grandissement est augmenté. Le pouvoir de résolution de l'électron est plus de 600 fois supérieur au photon.

Objectif et apport pour la recherche

Cet équipement permet de répondre aux besoins en imagerie à forts grandissements sur tous types de matériaux. Il est très utile pour les programmes de recherche pour travailler sur des objets et pour avoir une lecture très fine des matériaux et des surfaces *via* le modèle en trois dimensions.

LISTE DES ACRONYMES

ABES : Agence Bibliographique de l'Enseignement Supérieur

AMU : Aix-Marseille Université

AMU-CCJ : Aix-Marseille Université – Centre Camille Jullian

ANR : Agence nationale de la recherche

BAP : Branche d'activité professionnelle

BDD : Base de données

BFC : Bourgogne Franche-Comté

BIS : Bibliothèque Interuniversitaire de la Sorbonne

BnF : Bibliothèque nationale de France

BNU : Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg

CAM : Clermont Aglo Métropole

CC : Communauté de communes

CEN : Conservatoire d'espaces naturels

CERDI : Centre d'études et de recherches sur le développement international

CEREGE : Centre de recherche et d'enseignement en géosciences de l'environnement

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CHEC : Centre d'Histoire « Espaces et Cultures »

CNES : Centre national d'études spatiales

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

Copil : Comité de pilotage

CRAIG : Centre régional Auvergne-Rhône-Alpes de l'information géographique

CRESAT : Centre de recherche sur les économies, les sociétés, les arts et les techniques

CRIGE : Centres de ressources en information géographique

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

Dat@UBFC : Atelier de la donnée en Bourgogne-Franche-Comté

DIM PAMIR : Domaine de Recherche et d'Innovation Majeur Patrimoine matériels – innovation, expérimentation et résilience

DIR SU : Direction de la Sûreté

DNUM UB : Direction du numérique Université de Bourgogne

DOI : Digital Object Identifier

DRAC : Direction régionale des affaires culturelles

DRARI : Délégation régionale académique à la recherche et à l'innovation

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

EOSC : European Open Science Cloud

EPCC Bibracte : Établissement public de coopération culturelle Bibracte

ETP : Équivalent temps plein

FAIR : Findable Accessible Interoperable Reusable – trouvable, accessible, interopérable, réutilisable

GeoBFC : Géomatique Bourgogne Franche-Comté

GéoCentre – DoTeRR : Réseau régional des données territoriales en Centre-Val de Loire

Géolab : Laboratoire de géographie physique et environnementale de l'Université Clermont-Auvergne

GMPCA : Groupe des méthodes pluridisciplinaires contribuant à l'archéologie

GN-MEBA : Groupement national de microscopie électronique à balayage et de microanalyses

IDS : Infrastructure de données spatiales

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

IMBE : Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie – marine et continentale

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

INRAP : Institut national de recherches archéologiques préventives

INTERREG IV : Projets de coopération entre différents partenaires d'États membres de l'Union européenne

ISA : réseau Information spatiale et archéologie

Labex OT-MED : Changement global et risques naturels dans le bassin méditerranéen

LIVE : Laboratoire image, ville, environnement (UMR 7362 Université de Strasbourg)

LMV : Laboratoire Magma et Volcan

MAGIS : Méthodes et Applications de la Géomatique et de l'Information Spatiale

MASApplus : Mémoires des Archéologues et des Sites Archéologiques

MEB : Microscope électronique à balayage

MESR : Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche

MISHA : Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme – Alsace

MMSH : Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme

MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle

MNT : Modèles numériques de terrain

MSH : Maison des Sciences de l'Homme

MSHE : Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement

OCIM : Office de coopération et d'information muséales

ONF : Office national des forêts

PACEA : De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (UMR 5199 – Université de Bordeaux)

PHUN : Plateforme Humanités Numérique

PNN Forêts : Parcs naturels nationaux de forêts

PNR : Parc naturel régional

PUBP : Presses universitaires Blaise-Pascal, Université Clermont-Auvergne

PUDD : Plateforme Universitaire de Données de Dijon

RBDD : Réseau Bases de données

RDMed-DB : Resilience and Adaptation to Droughts and Extreme Climate events in the Mediterranean

RIME : Réseau d'Imagerie en Microscopie Électronique

RnMSH : Réseau national des Maison des Sciences de l'Homme

SATT : Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies

SCD : Service commun de la documentation

SEFCA : Service commun de formation continue et par alternance

SIG : Système d'Information Géographique

SIST : Réseau Séries Interopérables et Systèmes de Traitements

SGBDR : Système de gestion de bases de données relationnelles

SHS : Sciences Humaines et Sociales

UAR : Unité d'appui et de recherche

UB : Université de Bourgogne

UCA : Université Clermont-Auvergne

UFC : Université de Franche-Comté

UMR : Unité mixte de recherche

Unistra : Université de Strasbourg

UT : Université de Tours

VdL : Val de Loire

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte des plateformes Spatio	p.8
Figure 2 : Répartition des personnels par plateforme	p.12
Figure 3 : Personnels permanents et CDD par plateforme	p.14
Figure 4 : Tableau récapitulatif des personnels par plateforme	p.15
Figure 5 : Typologie des activités liées à la géomatique des plateformes du réseau Spatio	p.18
Figure 6 : Typologie des activités liées à l'imagerie et à la microscopie des plateformes du réseau Spatio	p.21
Figure 7 : Typologie des activités liées au web des plateformes du réseau Spatio	p.24



