



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Ben Ahmed Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géographie et Aménagement du Territoire



**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
Master en Géographie et Aménagement de territoire,
Option : Géomatique**

Thème :

**Base de données spatiales pour navigation et
gestion de site :
Cas du pôle universitaire de Belgaïd**

Réalisé par : **ADJROUD Dounia zed**
 BELBARR Aya Kaouther

Présenté devant le jury composé de :

Mr Allal Nadir	MAA	Président
Mme Sidi Ykhlef Soraya	MAA	Examinatrice
Mr BRAHMI Abderrezak	MCB	Encadreur

Résumé

Les bases de données spatiales sont des outils essentiels dans de nombreuses applications modernes nécessitant le stockage et la gestion des données géographiques, notamment dans le domaine de la gestion des sites et de la navigation à l'intérieur de grands complexes comme les universités. Dans ce contexte, le pôle universitaire de Belgaïd se distingue comme un site nécessitant une amélioration de la gestion de la navigation et la fourniture d'informations géographiques précises pour les utilisateurs, qu'ils soient étudiants, employés ou visiteurs. Grâce à l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des bases de données spatiales, il est possible d'améliorer l'expérience des utilisateurs en fournissant des cartes interactives qui facilitent l'accès aux bâtiments et déterminent les itinéraires les plus efficaces. Cette mémoire vise à étudier comment appliquer ces technologies au pôle universitaire de Belgaïd et à proposer des solutions innovantes pour améliorer la navigation et la gestion au sein du campus.

Mots-clés : SIG, base de données spatiale, cartographie interactive, navigation, campus universitaire, Belgaid.

Abstract

Spatial databases are essential tools in many modern applications that require the storage and management of geographic data, particularly in the field of site management and navigation within large complexes such as universities. In this context, the Belgaïd University Campus stands out as a site requiring improved navigation management and the provision of accurate geographic information for users, whether students, staff, or visitors. By using Geographic Information Systems (GIS) and spatial databases, it is possible to enhance user experience through interactive maps that facilitate building access and determine the most effective routes. This thesis aims to study how to apply these technologies to the Belgaïd University Campus and propose innovative solutions to improve navigation and site management within the campus.

Keywords : GIS, spatial Database, interactive mapping, navigation, university campus, Belgaid.

الملخص

تُعد قواعد البيانات المكانية أدوات أساسية في العديد من التطبيقات الحديثة التي تتطلب تخزين وإدارة البيانات الجغرافية، لا سيما في مجال إدارة المواقع والتنقل داخل المجمعات الكبرى مثل الجامعات. وفي هذا السياق، يبرز القطب الجامعي ببلقايد كموقع يحتاج إلى تحسين في إدارة التنقل وتوفير معلومات جغرافية دقيقة للمستخدمين، سواء كانوا طلابًا أو موظفين أو زوارًا. ومن خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وقواعد البيانات المكانية، يمكن تحسين تجربة المستخدمين عبر توفير خرائط تفاعلية تُسهّل الوصول إلى المباني وتحديد المسارات الأكثر فعالية. تهدف هذه المذكرة إلى دراسة كيفية تطبيق هذه التقنيات في القطب الجامعي ببلقايد واقتراح حلول مبتكرة لتحسين التنقل والإدارة داخل الحرم الجامعي.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، قاعدة بيانات مكانية، خرائط تفاعلية، التنقل، الحرم الجامعي، بلقايد

Remerciements

Avant toute chose, nous rendons grâce à Dieu le Tout-Puissant, source suprême de sagesse, de force et d'inspiration, pour Son aide et Son accompagnement tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous exprimons notre sincère gratitude à Monsieur Brahmi Abderrezak, Maître de Conférences (classe B), notre encadrant, pour son accompagnement rigoureux, sa disponibilité, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce projet. Son encadrement de qualité a joué un rôle déterminant dans l'aboutissement de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury :

- Monsieur Allal Nadir, Maître Assistant A, Président du jury,
- Madame Sidi Ykhlef Soraya, Maître Assistant A, Examinatrice,

Nous les remercions chaleureusement pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour leurs remarques constructives et enrichissantes

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble de nos enseignants pour les connaissances transmises avec passion et professionnalisme durant tout notre parcours universitaire

Nos pensées reconnaissantes vont également à nos familles respectives, véritables piliers de notre réussite, ainsi qu'à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont soutenues : amis, camarades, membres du personnel administratif et technique. Leur appui, leur patience et leur confiance ont été essentiels dans cette aventure.

Ce travail est le fruit d'un effort collectif, rendu possible grâce à la générosité, l'engagement et le soutien de toutes ces personnes. À toutes et à tous : merci.

Merci infiniment à tous.

Dédicace

Moi, Kaouther Aya Belbarr, je dédie ce mémoire à ma famille bien-aimée, pour son amour inconditionnel, sa patience, et son soutien indéfectible. À la famille Belbarr, merci pour avoir cru en moi même dans les moments de doute. Ce travail est le reflet de vos sacrifices et de votre confiance.

Moi, Dounia Zed Adjroud, je dédie ce mémoire à ma famille chère, refuge de mon cœur et source de toute mon énergie. À la famille Adjroud, pour votre chaleur, votre compréhension et votre soutien quotidien. À la famille Rahmoune, merci pour votre bienveillance et votre présence constante dans ma vie.

Ce mémoire vous est dédié avec tout notre amour et notre reconnaissance.

Table des matières

Résumé	2
Remerciements	3
Dédicace	4
Table des matières	5
Liste des figures :	7
Liste des tableaux.....	7
Listes d'abréviations :	8
Introduction générale	9
Chapitre I : Fondements conceptuels et approches théoriques.....	12
1. Introduction	13
2. Définitions Fondamentales et Concepts Théoriques de la Gestion des Données Spatiales, de la Navigation et de la Gestion de Site :	13
3. Caractéristiques et Fonctionnalités des Bases de Données Spatiales Stockage des données géolocalisées	20
4. Conclusion	24
CHAPITRE II : Approches internationales et réalité Algérienne des cartes d'orientation	25
1. Introduction	26
2. Adoption Généralisée des Cartes de Navigation Interactive dans les Universités à Travers le Monde	26
3. Comparaison des cartes interactive de navigation dans les universités mondiales.....	33
3.1. Points communs entre les cartes	33
3.2. Points de différence entre les cartes	34
4. Difficultés de Mobilité dans les Campus Universitaires Traditionnels.....	36
4.1. Manque de Solutions Numériques Globales dans les Universités Algériennes.....	36
4.2. La réalité des cartes d'orientation en Algérie (notamment dans les universités)	37
4.3. Principaux problèmes et défis.....	39
5. Comparaison avec les universités internationales.....	40
6. Conclusion	41
CHAPITRE III : Conception des Cartes Interactives et Bases de Données Géospatiales	42
1. Introduction	43
2. Architecture du Système.....	43
3. Modélisation	45
3.1. Modèle Conceptuel de Données (MCD).....	45

3.2. Modèle Logique de Données (MLD).....	47
3.3. Modèle Conceptuel des Traitements :	52
4. Étapes de préparation des cartes sur ArcGIS Map.....	53
4.1. Analyse des cartes de l'Université d'Oran 2.....	54
5. Analyse spatiale multidimensionnelle du pôle universitaire de Belgaïd	57
6. Conclusion	59
Chapitre IV : Réalisation Cartographique & Intégration Web.....	60
1. Introduction	61
1.1. Étapes de création et de publication d'une carte interactive sur ArcGIS Online.....	61
1.2. Étapes de personnalisation	63
2. Présentation de l'interface principale et des fonctionnalités du site	63
3. Fonctionnalités de la carte interactive.....	67
Mise à jour des données de la carte interactive	69
4. Exemple du questionnaire utilisé dans l'enquête	70
5. Retour sur l'Utilité du Site et de la Carte Interactive :	71
6. Perspectives futures du projet	71
7. Conclusion	72
Conclusion générale	74
Références bibliographiques.....	76

Liste des figures :

Figure 1:Interface de l'application de géolocalisation de l'Université de Bretagne Occidentale	19
Figure 2:Carte interactive d'orientation de l'Université de Bordeaux	20
Figure 3:Interface de l'application DéambUL de l'Université Laval	21
Figure 4:Carte interactive du campus de l'Université de Tokyo	22
Figure 5:Carte interactive du campus de l'Université Harvard	23
Figure 6:Carte interactive du campus de l'Université Purdue	24
Figure 7:Carte interactive du campus de l'Université de Toronto	25
Figure 8:Panneau d'orientation à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – Université d'Oran 1	30
Figure 9: Capture d'écran de Google Maps montrant le site de l'Université Sétif 1	30
Figure 10:Capture du site officiel de l'Université de Biskra montrant le code QR des bâtiments	31
Figure 11:Carte de Localisation géographique du campus universitaire de Belgaid	45
Figure 12:Carte de la répartition spatiale des surfaces à l'Université d'Oran 2	46
Figure 13:Carte détaillée de la Faculté de Droit et des Sciences Politiques (Université d'Oran 2)	47
Figure 14: Montre l'interface principale du site interactif.	55
Figure 15: Représente la fonction « Légende » pour afficher les symboles cartographiques.	55
Figure 16: Montre la fonction de changement de fond de carte (Bibliothèque de fonds de carte).	56
Figure 17: Illustre la fonction « Géosignets » pour un accès rapide aux lieux.	57
Figure 18: Montre l'outil de contrôle des	57
Figure 19:Représente l'affichage d'informations lors du clic sur un élément	58
Figure 20: Modèle du questionnaire destiné aux utilisateurs de la carte interactive	60

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparatif entre Web Mapping et Web SIG	12
Tableau 2: Comparaison des cartes interactive de navigation dans les universités mondiales	29
Tableau 3:Comparaison entre les cartes interactives universitaires en Algérie et à l'international	33
Tableau 4:Modules et composants du système	36
Tableau 5:Tableau des traitements liés à l'utilisation de la carte interactive	43
Tableau 6:Options et outils du site	59

Listes d'abréviations :

BDSP : Base De Données Spatiale — Système spécialisé pour gérer des données géographiques

SIG : Système d'Information Géographique — Outil pour collecter, analyser et visualiser des données géospatiales

GPS : Global Positioning System — Système de positionnement par satellite

ICU : Interface Cartographique Utilisateur — Interface graphique permettant d'interagir avec une carte numérique

OSM : OpenStreetMap — Projet collaboratif de cartographie libre

GIS : Geographic Information System — Synonyme anglais de SIG

DBMS : Database Management System — Système de gestion de base de données (SGBD)

SGBD : Système de Gestion de Base de Données — Logiciel pour gérer une base de données

GIS Web : Interface Web SIG — Interface SIG accessible via un navigateur Web

Map Tiles : Tuiles cartographiques — Petites images carrées qui composent une carte numérique

GeoDB : Géodatabase — Base de données spécialisée dans les données spatiales

UI : User Interface — Interface utilisateur

API : Application Programming Interface — Interface de programmation pour logiciels

GIS API : API pour SIG — Interface pour accéder aux fonctions SIG

CRUD : Create, Read, Update, Delete — Opérations de base sur les données

UX : User Experience — Expérience utilisateur

XML : Extensible Markup Language — Format de fichier pour données textuelles

JSON : JavaScript Object Notation — Format léger d'échange de données

GPSR : Global Positioning System Receiver — Récepteur GPS

DBMS-S : Spatial Database Management System — Système de gestion de bases de données spatiales

API SIG : Application Programming Interface SIG — API pour manipuler les SIG

GISr : Geographic Information Science and Remote Sensing — Science géographique et télédétection

NMEA : National Marine Electronics Association — Format standard pour données GPS

WMS : Web Map Service — Service web fournissant des cartes en ligne

WFS : Web Feature Service — Service web fournissant des données vectorielles

REST : Representational State Transfer — Style architectural pour API web

HTTP : Hypertext Transfer Protocol — Protocole de communication sur internet

Introduction générale

Les universités grandissent, accueillant de plus en plus d'étudiants, de personnels et de visiteurs. Avec cette expansion, il devient essentiel de disposer de systèmes modernes pour se repérer dans les campus universitaires, ce qui peut parfois être un véritable défi, surtout pour les visiteurs et les nouveaux étudiants. Les bases de données spatiales sont des outils efficaces pour stocker, organiser et analyser ces informations, facilitant ainsi la gestion des lieux et la navigation au sein des universités.

Il porte le nom du défunt Abdelmalek Mortad et est plus connu sous l'appellation de complexe universitaire de Belgaïd ; Il s'agit de l'un des plus grands centres éducatifs de la région. Ce complexe regroupe de nombreuses facultés, des bâtiments administratifs et diverses installations. Il est donc crucial de mettre en place un système intégré qui aide les utilisateurs à se déplacer facilement et à trouver les différents lieux sans difficulté. Les nouveaux étudiants, les visiteurs et même certains membres du personnel peuvent avoir du mal à localiser les facultés, les amphithéâtres, les bibliothèques et autres infrastructures, ce qui complique leurs déplacements sur le campus et entraîne une perte de temps et d'énergie.

Par ailleurs, les bases de données spatiales sont des outils modernes qui contribuent à l'amélioration de la gestion des sites et de la mobilité dans de vastes espaces, tels que les universités. Étant donné la complexité du pôle universitaire de Belgaïd et la diversité des besoins de ses usagers, l'utilisation de ces systèmes devient essentielle pour faciliter les déplacements et améliorer l'accès aux différents lieux.

La problématique débattue dans cette étude se résume par :

Dans quelle mesure peut-on appliquer les bases de données spatiales et les systèmes d'information géographique (SIG) pour améliorer la mobilité au sein du pôle universitaire de Belgaïd ?

Trois questions se posent alors :

- Quels sont les avantages que ces systèmes peuvent apporter à la gestion du site universitaire ?
- Quels sont les défis potentiels liés à la mise en œuvre de ces systèmes ?
- Comment la mise en place d'une base de données spatiale couplée avec des outils de navigation peut-elle améliorer la gestion des sites universitaires et optimiser les déplacements au sein de l'Université d'Oran 2 ?

Pour répondre à ces problèmes, les technologies des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des bases de données spatiales peuvent être utilisées pour créer une solution numérique. Cette solution fournirait des informations précises sur les emplacements, proposerait les itinéraires les plus efficaces vers les destinations souhaitées et offrirait des cartes interactives pour aider les utilisateurs à se déplacer efficacement.

Ce projet vise à étudier comment appliquer ces technologies au pôle universitaire de Belgaïd en développant un système numérique intégré basé sur des bases de données spatiales pour améliorer la gestion du site et guider les utilisateurs de manière simple et rapide.

Ainsi, l'objectif principal de ce projet est de concevoir et de mettre en œuvre une base de données spatiale intégrée à une interface de navigation web, afin d'améliorer la gestion du pôle universitaire de Belgaïd et d'optimiser la mobilité des usagers au sein de l'Université d'Oran 2. Cette initiative vise à faciliter l'accès aux différentes infrastructures, à répondre aux besoins de localisation en temps réel, et à proposer un outil interactif pour la gestion spatiale du site.

Notre étude se penche alors sur :

- ✓ L'analyse des besoins réels de l'université en matière de gestion des lieux et de navigation.
- ✓ La proposition et la mise en œuvre des solutions techniques adaptées basées sur les Systèmes d'Information Géographique.
- ✓ La mise en avant des avantages de ces systèmes, en matière d'amélioration de l'expérience des utilisateurs, la facilitation de la gestion des bâtiments et des infrastructures, et la fourniture de services d'information avancés qui contribuent à rendre le campus plus organisé et efficace.

On s'appuie sur les hypothèses ci-après :

- ✓ La mise en place d'une base de données spatiale intégrée permet d'améliorer significativement la gestion des infrastructures et des services d'un campus universitaire.
- ✓ Une carte interactive construite à partir d'une base de données spatiale fiable facilite la navigation des usagers sur le campus et renforce l'accessibilité aux différents services.

- ✓ L'analyse spatiale des composantes du campus (mobilité, occupation du sol, accessibilité) permet d'identifier des dysfonctionnements et de proposer des solutions d'aménagement plus cohérentes.

Pour ce faire, notre démarche s'articule autour des tâches suivantes :

1. Collecter et structurer les données spatiales relatives aux infrastructures du pôle universitaire.
2. Développer une base de données spatiale adaptée aux besoins de gestion et de navigation.
3. Créer une interface web interactive permettant une visualisation et une recherche dynamique des lieux.
4. Tester l'efficacité de l'outil à travers une enquête auprès des usagers du site.
5. Identifier les limites techniques ou organisationnelles liées à la mise en œuvre du système.

Le reste du mémoire est organisé comme suit : le premier chapitre présentera les fondements théoriques relatifs à la conception et l'implémentation des bases de données spatiales. Le deuxième chapitre explore les approches internationales et l'état des lieux pour la gestion et la navigation dans les campus universitaires. Ensuite nous décrivons la conception de notre solution pour la réalisation d'une carte interactive du campus universitaire de Belgaid. Le dernier chapitre abordera les aspects d'implémentation et d'intégration dans un site Web de notre solution de gestion et de navigation dans le campus Belgaid. Nous concluons par l'essentiel des enseignements de cette étude.

Chapitre I :

Fondements conceptuels et approches théoriques

1. Introduction

Dans un contexte où la gestion de l'espace devient de plus en plus complexe et interconnectée, les technologies géospatiales jouent un rôle central dans l'analyse, l'organisation et la visualisation de l'information territoriale. Ce chapitre vise à établir un cadre théorique solide en présentant les concepts clés liés à la gestion des données spatiales, à la navigation assistée et à la gestion de site dans un environnement universitaire. Ces notions fondamentales permettent de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'élaboration d'outils cartographiques intelligents et interactifs, notamment dans le cadre de la numérisation des campus.

Nous aborderons dans un premier temps les définitions essentielles telles que la base de données spatiale, le Système d'Information Géographique (SIG), la géolocalisation ou encore la cartographie interactive. Par la suite, une attention particulière sera portée aux technologies modernes telles que le Web Mapping et le Web SIG, ainsi qu'aux caractéristiques avancées des bases de données spatiales. L'objectif est de fournir une compréhension claire et opérationnelle des outils mobilisés dans le développement de solutions numériques orientées vers l'optimisation de l'accessibilité et de l'orientation au sein des espaces universitaires.

2. Définitions Fondamentales et Concepts Théoriques de la Gestion des Données Spatiales, de la Navigation et de la Gestion de Site :

➤ Base de données spatiale :

Une base de données spatiale est un système de gestion de bases de données spécialement conçu pour stocker et manipuler des informations géographiques et géospatiales. Contrairement aux bases de données classiques qui se concentrent sur des données tabulaires, une base de données spatiale permet de gérer des données relatives à des objets géométriques, tels que des points, des lignes et des polygones. Ces bases de données sont optimisées pour effectuer des analyses spatiales complexes, telles que la détermination des distances, des relations d'intersection ou de proximité entre les objets géographiques. Les bases de données spatiales sont utilisées dans divers domaines, notamment l'aménagement du territoire, la gestion des ressources naturelles, les systèmes d'information géographique (SIG), et la navigation. Les SGBD spatiaux comme PostgreSQL avec l'extension PostGIS ou Oracle Spatial offrent des fonctionnalités avancées pour le stockage, la gestion, et l'interrogation des données spatiales. Ces systèmes permettent également d'intégrer et d'analyser des données provenant de sources diverses, facilitant ainsi la prise de décision dans des contextes géospatiaux. La capacité à effectuer des requêtes spatiales spécifiques, telles que la recherche d'objets dans une zone donnée ou la mesure de distances entre différents points, est une caractéristique centrale des bases de données spatiales. (Chouiref, 2015)

➤ **Système d'Information Géographique (SIG) :**

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un ensemble de technologies, de pratiques et de processus utilisés pour collecter, stocker, analyser et présenter des données géographiques. Les SIG combinent des informations géospatiales et attributaires (données non géographiques) pour créer des cartes, effectuer des analyses spatiales et produire des rapports utiles pour les décisions stratégiques. Le SIG est un outil puissant dans les domaines de la cartographie, de l'aménagement du territoire, de la gestion des ressources naturelles, de l'urbanisme, de l'agriculture, et bien d'autres. Il permet d'effectuer des analyses de type "quand", "où", et "comment" en traitant les relations spatiales entre différents objets géographiques. En pratique, un SIG fonctionne à travers une base de données géographique qui stocke les données géospatiales, un logiciel qui permet d'effectuer des analyses et de générer des visualisations cartographiques, et des outils permettant aux utilisateurs d'interagir avec ces informations. Par exemple, un SIG peut être utilisé pour analyser l'impact environnemental de l'expansion d'une zone urbaine, déterminer les itinéraires les plus courts pour un véhicule de livraison, ou encore surveiller l'évolution de l'occupation des sols. (Thill, 2010)

➤ **Navigation**

La navigation désigne l'art et la science de déterminer la position d'un objet ou d'une personne et de le guider d'un point à un autre, en utilisant des informations géographiques et spatiales. Dans le contexte des systèmes géospatiaux modernes, la navigation repose souvent sur des technologies comme le GPS (Global Positioning System) et les SIG. Ces outils permettent d'obtenir des informations en temps réel sur la localisation et d'orienter l'utilisateur ou l'appareil vers sa destination à l'aide de cartes numériques, de données géographiques, et d'algorithmes de calcul d'itinéraires. Les applications de navigation sont utilisées dans divers secteurs, tels que la gestion du trafic, la logistique, le transport, et même dans des domaines comme la géolocalisation des services. Dans un environnement urbain ou universitaire comme l'Université d'Oran 2, les systèmes de navigation assistée peuvent être utilisés pour guider les étudiants et les visiteurs vers les différents bâtiments ou infrastructures du campus. Les applications de navigation intègrent souvent des données en temps réel sur la circulation et les événements pour proposer des itinéraires optimaux, en tenant compte des conditions actuelles. (Lefèvre, 2012)

➤ **Gestion de site**

La gestion de site se réfère à l'ensemble des pratiques et des processus visant à administrer et organiser les ressources d'un lieu donné. Dans un contexte universitaire, cela inclut la gestion des bâtiments, des infrastructures, des espaces verts, des zones de parking et des équipements. L'objectif est de garantir une utilisation optimale de l'espace, tout en répondant aux besoins des étudiants, du personnel et des visiteurs. La gestion de site repose sur l'utilisation d'outils comme les SIG pour collecter, analyser et visualiser les données géospatiales concernant le campus. Par exemple, un SIG peut aider à planifier l'aménagement des bâtiments sur le site, à surveiller l'utilisation des espaces publics, ou à évaluer

l'impact environnemental des activités sur le campus. Un système de gestion de site bien conçu peut également inclure des outils pour gérer les services comme la sécurité, l'entretien, la gestion des déchets et la mobilité. Grâce à l'intégration de bases de données spatiales et d'applications SIG, la gestion des sites devient plus précise et plus efficace, permettant une prise de décision éclairée pour améliorer les conditions de vie et de travail sur le campus. (Martin, 2014)

➤ **Géodatabase**

Une géodatabase est une base de données spécialisée dans la gestion des données géospatiales. Elle permet de stocker, organiser et gérer des informations géographiques complexes, y compris les données vectorielles (points, lignes, polygones) et raster (images satellites, modèles numériques de terrain). Contrairement aux systèmes de fichiers traditionnels, qui stockent des données sous forme de fichiers individuels, une géodatabase centralise toutes les informations dans un système unique et intégré. Cela facilite l'intégration des données, leur analyse et leur mise à jour. Une géodatabase peut contenir des données relatives à des objets géographiques, des attributs associés à ces objets, ainsi que des règles de gestion des données et des outils d'analyse. Par exemple, dans un projet de gestion de site universitaire, une géodatabase pourrait être utilisée pour intégrer des informations sur les bâtiments, les infrastructures, les réseaux de transport, et même les comportements des utilisateurs, permettant ainsi une gestion plus efficace et une meilleure prise de décision. (Benali, 2016)

➤ **OpenStreetMap**

est un projet collaboratif de cartographie libre, initié en 2004, qui permet de créer et de fournir des données géographiques accessibles gratuitement. Contrairement aux services propriétaires, OSM repose sur les contributions bénévoles de la communauté mondiale pour collecter, mettre à jour et corriger les données géographiques. Ces données peuvent inclure des routes, des bâtiments, des points d'intérêt, et bien d'autres éléments utiles pour des projets SIG. (OpenStreetMap: User-Generated Street Maps, 2008)

➤ **Topologie spatiale**

La topologie spatiale fait référence aux relations géométriques fondamentales entre les entités géographiques, telles que l'adjacence (voisinage), la contiguïté, l'inclusion, ou la connectivité. Ces relations ne dépendent pas des distances ou des coordonnées exactes, mais de la manière dont les objets interagissent ou se connectent dans l'espace. En SIG, la topologie garantit la cohérence des données (ex. : deux routes qui se croisent doivent partager un nœud commun). (Laurini, 1992)

➤ **Modèle de données vectorielle**

Le modèle vectoriel est un type de représentation des données géographiques dans un SIG, basé sur l'utilisation de points, de lignes et de polygones. Chaque

objet géographique est défini par ses coordonnées précises dans l'espace. Ce modèle est particulièrement adapté à la cartographie des réseaux routiers, des bâtiments, des parcelles de terrain, etc. Il s'oppose au modèle raster, qui utilise des grilles de pixels. (Burroughs, 1998)

➤ **Modèle de données raster**

Le modèle raster représente l'espace géographique sous forme de grille composée de cellules (ou pixels), où chaque cellule contient une valeur représentant une caractéristique du lieu (par exemple, l'altitude, l'usage du sol, la température, etc.). Il est particulièrement utilisé pour les images satellites, les cartes de chaleur, et les modèles numériques de terrain. (Tomlin, 1990)

➤ **Itinéraire optimal**

Un itinéraire optimal désigne le chemin le plus efficace entre deux points dans un réseau de transport, en fonction d'un ou plusieurs critères comme la distance, la durée, le coût, ou l'accessibilité. Dans un SIG, cet itinéraire est calculé grâce à des algorithmes de graphe comme Dijkstra ou A*. Ce concept est essentiel pour les applications de navigation, de logistique ou de mobilité urbaine. (Delling, 2009)

➤ **Interface cartographique utilisateur (ICU)**

L'interface cartographique utilisateur désigne la partie d'une application SIG ou de navigation qui permet à l'utilisateur d'interagir visuellement avec la carte. Elle inclut les outils de zoom, de recherche, de localisation, de sélection d'itinéraire, etc. Une bonne ICU est intuitive, ergonomique et facilite la prise de décision spatiale. (MacEachren, 1995)

➤ **Géolocalisation**

La géolocalisation désigne le processus permettant de déterminer la position géographique d'un objet, d'une personne ou d'un appareil à un instant donné, en utilisant des coordonnées spatiales. Elle repose principalement sur des technologies comme le GPS, le Wi-Fi, les réseaux cellulaires ou la triangulation. En milieu urbain ou universitaire, la géolocalisation est essentielle pour orienter les utilisateurs en temps réel sur une carte interactive. (Kaplan, 2005)

GPS (Global Positioning System)

Le GPS est un système de navigation par satellite permettant de localiser un objet ou une personne n'importe où sur la planète, avec une précision de quelques mètres. Il utilise un réseau de satellites en orbite et un récepteur au sol pour calculer la position exacte à l'aide de signaux temporels. Dans les applications SIG, le GPS est utilisé pour collecter des données sur le terrain, suivre des véhicules ou guider des utilisateurs dans un espace comme un campus. Misra,) (2011

➤ Interface Web SIG

Une interface Web SIG est une application accessible en ligne qui permet aux utilisateurs d'interagir avec des cartes dynamiques et des données géospatiales. Elle offre des fonctionnalités comme la visualisation, la recherche d'adresses ou d'itinéraires, l'affichage de couches de données et parfois la collecte d'informations sur le terrain. Ces interfaces sont essentielles pour rendre les SIG accessibles à un large public sans nécessiter l'installation de logiciels spécialisés.

(Fu, 2011)

➤ Tuiles cartographiques (Map Tiles)

Les tuiles cartographiques sont des images découpées en petits carrés (généralement 256x256 pixels) qui composent une carte interactive sur le web. Ce système de tuilage permet de charger les parties de la carte au fur et à mesure de la navigation, rendant l'affichage plus rapide et plus fluide. Les services comme Google Maps ou Leaflet utilisent des tuiles cartographiques pour afficher des cartes à différentes échelles. (Peterson, Mapping in the Cloud, 2014)

➤ Service de géocodage

Le géocodage est le processus qui consiste à convertir une adresse textuelle (comme "Université de Belgaïd") en coordonnées géographiques (latitude, longitude). Cela permet ensuite d'afficher ce lieu sur une carte numérique. À l'inverse, le "géocodage inverse" permet d'obtenir une adresse à partir de coordonnées. Les services de géocodage sont utilisés dans les SIG, les GPS et les applications de navigation. (Goldberg, 2007)

➤ Cartographie interactive

La cartographie interactive est une technologie qui permet aux utilisateurs d'explorer des cartes numériques dynamiques contenant des informations géographiques enrichies. Contrairement aux cartes statiques, les cartes interactives offrent des fonctions de zoom, de recherche, de navigation, et d'affichage d'informations contextuelles à la demande. Elles sont utilisées dans de nombreux domaines comme l'urbanisme, le tourisme ou l'éducation, et permettent une expérience utilisateur améliorée grâce à la visualisation en temps réel des données spatiales. Dans un campus universitaire, la cartographie interactive permet aux étudiants et visiteurs de se repérer facilement, d'accéder aux bâtiments ou de localiser des services spécifiques. (Peterson, Mapping in the Cloud, 2014)

➤ Requête spatiale

Une requête spatiale est une opération effectuée dans une base de données spatiale ou un SIG, visant à interroger des entités géographiques en fonction de leur localisation, de leur forme, de leur relation topologique ou de leur proximité. Par exemple, une requête spatiale peut consister à identifier tous les bâtiments situés à moins de 200 mètres d'un parking, ou à détecter les intersections entre deux réseaux routiers. Ce type de requête est essentiel pour les analyses spatiales avancées, la planification urbaine, et l'aide à la décision géographique. (Shekhar, 2003)

Les Cartes d'orientation : sont des représentations graphiques, souvent situées à l'entrée d'un site, permettant aux usagers de se repérer et de localiser les bâtiments et services dans un espace donné, comme un campus universitaires.

➤ **Nubart et Edusign : Solutions Innovantes pour la Navigation Interactive sur les Campus Universitaires :**

Nubart et Edusign sont deux entreprises spécialisées dans la fourniture de solutions numériques pour améliorer l'expérience sur les campus universitaires.

- **Nubart** propose des visites numériques interactives pour les campus universitaires. Leur solution inclut des cartes interactives avec géolocalisation GPS, permettant aux utilisateurs de localiser facilement chaque bâtiment ou point d'intérêt. En un clic, les utilisateurs accèdent directement au contenu informatif associé. Cette approche facilite la navigation sur le campus et enrichit l'expérience des visiteurs. (Nubart, sans date)
- **Edusign** offre un plan interactif conçu pour une navigation immersive sur les campus universitaires. Leur solution permet la personnalisation des itinéraires, l'intégration de fonctionnalités interactives, et favorise l'engagement de la communauté à travers le partage social et la mise en évidence des événements et activités. Cette approche vise à améliorer l'accessibilité et la participation au sein de la communauté universitaire. (Edusign, n.d)

➤ **Un CMS (Content Management System)**

ou système de gestion de contenu, est un logiciel qui permet de créer, gérer, modifier et publier du contenu sur un site web sans avoir besoin de programmer.

Utilités:

Il permet à des utilisateurs (même sans compétences techniques) de :

- Créer des pages web.
- Ajouter ou modifier du texte, des images, des vidéos.
- Organiser la navigation du site.

- Gérer les utilisateurs et les autorisations.
- Publier du contenu facilement et rapidement.

➤ **Web Mapping (Cartographie web)**

Définition :

C'est l'utilisation d'internet pour visualiser et partager des cartes interactives.

Objectif principal :

Afficher des cartes en ligne de façon interactive.

Fonctionnalités typiques :

- Zoom, déplacement sur la carte.
- Affichage de couches simples (ex : routes, rivières).
- Interface utilisateur intuitive.
- Exemple : Google Maps, OpenStreetMap, Mapbox.

Technologies utilisées :

- JavaScript (Leaflet, OpenLayers)
- API de cartographie (Google Maps API, Mapbox GL)

Limites :

- Ne fait pas ou peu d'analyse spatiale.
- Ne gère pas de manière complexe les données géographiques.

➤ **Web GIS (Système d'information géographique web)**

Définition :

C'est une plateforme SIG complète sur le web permettant l'analyse spatiale, la gestion, la visualisation et l'édition de données géographiques.

Objectif principal :

Fournir des fonctions SIG avancées accessibles en ligne.

Fonctionnalités typiques :

- Analyses spatiales (ex : intersections, buffers).
- Requêtes sur base de données géographiques.
- Édition de couches en ligne.
- Visualisation multi-couches complexe.

- Intégration avec bases de données (PostGIS, GeoServer).

Exemples :

- ArcGIS Online
- GeoServer + OpenLayers
- QGIS Server + Lizmap

Technologies utilisées :

- Serveurs SIG (GeoServer, MapServer)
- Web services (WMS, WFS, WCS)
- API de cartographie + systèmes de base de données géospatiales

Aspect	Web Mapping	Web SIG
But principal	Affichage de carte interactive	Analyse , Gestion et édition de données SIG
Niveau Technique	Simple	Avancé
Fonction SIG	Limitées	Complètes
Exemples	Google Maps , Mapbox	Arcgis Online , Geoserver , Lizmap

Tableau 1: Comparatif entre Web Mapping et Web SIG

3. Caractéristiques et Fonctionnalités des Bases de Données Spatiales Stockage des données géolocalisées

- **Modèle de données spatiales :**
Les bases de données spatiales utilisent des modèles adaptés au stockage des objets géographiques, tels que les points, les lignes, et les polygones, qui représentent des entités géographiques réelles. Ces modèles permettent de décrire des objets sur un plan cartographique ou une sphère terrestre.
 - o **Exemples :** Coordonnées géographiques (latitude, longitude), des polygones représentant des zones géographiques (parcelles, bâtiments), des lignes pour les routes, des points pour les intersections ou les bâtiments spécifiques.
- **Types de données spatiales :**

- **Vecteurs** : Ils représentent des objets géographiques par leurs coordonnées (points, lignes, polygones).
- **Rasters** : Représentent les données sous forme de matrice (par exemple, les images satellites ou les modèles numériques de terrain).

Ces types de données sont souvent stockés dans des formats optimisés comme le format GeoJSON, Shapefile, PostGIS (extension spatiale de PostgreSQL), ou encore R-tree dans des bases de données relationnelles.

- **Extension des bases de données relationnelles** : De nombreuses bases de données relationnelles, comme PostgreSQL avec PostGIS ou MySQL avec Spatial Extensions, offrent des capacités de gestion de données spatiales, permettant de stocker des informations géographiques directement dans des tables relationnelles.
 - **Interrogation des données géolocalisées**
 - **Requêtes géospatiales** : Les bases de données spatiales permettent des requêtes complexes liées à la géolocalisation, telles que :
 - **Recherche par proximité** : Trouver les objets géographiques les plus proches d'un point donné (exemple : trouver les bâtiments les plus proches d'un étudiant sur le campus).
 - **Opérations géométriques** : Effectuer des opérations sur les objets spatiaux comme l'intersection, l'union, la différence, ou la distance entre deux objets géographiques.
 - **Sélection d'objets dans une zone** : Identifier tous les objets spatiaux qui se trouvent dans une certaine zone délimitée (exemple : tous les bâtiments dans un rayon de 500 mètres).
 - **Requêtes de contiguïté** : Trouver des objets géographiques adjacents ou connectés (exemple : trouver les salles voisines dans un bâtiment).
- Ces requêtes sont traitées par des index géospatiaux (par exemple, R-tree, Quad-tree, ou Grid Index), qui permettent de réaliser ces recherches rapidement.
- **Utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG)** : Les bases de données spatiales sont souvent intégrées avec des SIG, qui permettent de réaliser des requêtes spatiales directement à partir d'une interface cartographique, facilitant ainsi l'interrogation des données.
 - **Analyse des données géolocalisées**
 - **Analyse spatiale** : L'analyse des données géolocalisées permet de résoudre des problèmes complexes en se basant sur la localisation. Cela inclut :
 - **Analyse de la proximité** : Calculer la distance entre différents objets géographiques ou identifier des zones d'influence (par exemple, déterminer quelle zone de parking est la plus proche de la bibliothèque).

- **Analyse de la distribution** : Étudier la répartition spatiale des objets géographiques pour identifier des tendances (par exemple, analyser la répartition des espaces de stationnement sur le campus).
- **Interpolation spatiale** : Estimer des valeurs pour des zones non mesurées en fonction des valeurs observées dans d'autres zones (par exemple, prédire la couverture du réseau Wi-Fi dans les zones non mesurées).
- **Opérations géométriques avancées** :
 - **Buffering** : Créer des zones tampon autour d'un objet géographique (par exemple, une zone d'impact autour d'un bâtiment).
 - **Overlay spatial** : Combiner deux couches géographiques pour analyser leurs interactions (exemple : superposer une carte de l'occupation des sols avec des zones de pollution de l'air).
 - **Analyse de réseaux** : Analyse des réseaux de transport ou de communication (par exemple, calculer le chemin le plus court entre deux points sur le campus).
- **Modélisation 3D et Modèles Numériques de Terrain (MNT)** : Les bases de données spatiales peuvent aussi être utilisées pour stocker des données en trois dimensions, comme des modèles numériques de terrain (MNT) qui permettent des analyses topographiques et des calculs de visibilité (exemple : déterminer la visibilité d'un bâtiment dans une zone donnée).
- **Intégration avec d'autres systèmes et sources de données**
 - **Interopérabilité** : Les bases de données spatiales peuvent s'interfacer avec d'autres systèmes, tels que les systèmes d'information géographique (SIG), les systèmes de gestion de la relation client (CRM), et les systèmes de gestion des bâtiments intelligents (BIM). L'intégration avec des données en temps réel (par exemple, données GPS) est également possible pour des applications de navigation en direct.
 - **Fusion de données** : Elles permettent de fusionner plusieurs couches de données provenant de sources diverses, telles que des capteurs IoT, des images satellites, des données sociales, ou des bases de données publiques. Cela permet une analyse spatiale plus riche et précise.
- **Performance et Optimisation**
 - **Indexation géospatiale** : L'indexation est un aspect clé pour améliorer la performance des requêtes sur des données géospatiales. Des index comme Rtree ou Quad-tree sont utilisés pour organiser les données spatiales de manière à rendre les recherches et analyses plus rapides.
 - **Traitement parallèle et Big Data** : Pour les grands ensembles de données géospatiales, des techniques de traitement parallèle ou des solutions Big Data, comme Hadoop ou Spark, peuvent être utilisées pour effectuer des analyses spatiales à grande échelle. .

- **Nécessité et importance de la création de cartes d'orientation notamment dans les universités**

Faciliter la mobilité des étudiants et des visiteurs

Les universités algériennes, en particulier les plus grandes, s'étendent sur de vastes espaces et comprennent de nombreuses facultés, instituts, bibliothèques, laboratoires, infrastructures administratives et services divers. L'absence de cartes d'orientation numériques complètes rend difficile la circulation des nouveaux étudiants, visiteurs et même nouveaux enseignants, entraînant une perte de temps et des retards aux cours et aux différentes activités.

Améliorer l'expérience des nouveaux étudiants et des étudiants étrangers

Les nouveaux étudiants et les étudiants étrangers rencontrent souvent des difficultés pour localiser les salles de classe, les bureaux administratifs et les infrastructures essentielles comme les restaurants universitaires ou les résidences étudiantes. Une carte d'orientation numérique ou papier mise à jour peut faciliter leur intégration et leur adaptation rapide au sein de l'université.

Soutenir les personnes en situation de handicap

Les étudiants en situation de handicap font face à des défis majeurs pour se déplacer à l'intérieur des campus universitaires en raison du manque de signalisation et d'indications sur les itinéraires adaptés. Les cartes d'orientation numériques pourraient fournir des informations précises sur les chemins accessibles, ascenseurs, rampes et autres infrastructures adaptées, améliorant ainsi leur autonomie et leur mobilité.

Optimiser la gestion du temps et l'efficacité

Les cartes numériques permettent de réduire le temps perdu à chercher des emplacements, augmentant ainsi la productivité des étudiants, enseignants et employés. Elles peuvent également être intégrées aux applications mobiles pour offrir des indications instantanées et précises vers n'importe quel lieu à l'intérieur de l'université.

Renforcer la sécurité et la sûreté sur le campus

En cas d'urgence, comme un incendie ou une évacuation rapide, les cartes d'orientation jouent un rôle crucial en guidant les étudiants et le personnel vers les sorties de secours et les itinéraires sécurisés. Elles peuvent également aider à localiser les centres de premiers secours et les points de rassemblement en cas de crise.

Améliorer l'image de l'université et encourager la digitalisation

La disponibilité de cartes numériques interactives projette une image positive de l'université et témoigne de son engagement à adopter les nouvelles technologies et améliorer l'expérience des étudiants. Cela peut également renforcer le

classement des universités algériennes à l'échelle internationale, où les infrastructures modernes et les services numériques sont des critères de valorisation.

Soutenir la recherche scientifique et les projets étudiants

Ces cartes peuvent être intégrées dans des projets de recherche en Systèmes d'Information Géographique (SIG), en génie civil ou en intelligence artificielle, offrant ainsi une plateforme évolutive que les étudiants et chercheurs pourront continuellement améliorer et développer.

4. Conclusion

Ce premier chapitre a permis de poser les bases théoriques indispensables à la compréhension du projet. Les définitions et concepts explorés montrent à quel point la convergence entre les données spatiales, les outils SIG, et les interfaces numériques transforme la manière dont les espaces sont gérés et parcourus. Le Web Mapping et le Web SIG, bien qu'ayant des portées fonctionnelles différentes, participent tous deux à la démocratisation de l'accès à l'information géographique.

Par ailleurs, les bases de données spatiales, à travers leurs capacités d'analyse, d'interrogation et de visualisation, représentent l'épine dorsale de tout système géospatial moderne. Intégrées dans une logique de gestion intelligente des sites, elles ouvrent la voie à des applications concrètes et innovantes, telles que la navigation interactive sur les campus universitaires. Cette transition vers la numérisation des infrastructures universitaires ne repose pas uniquement sur la technologie, mais sur une compréhension approfondie des enjeux spatiaux et des interactions humaines avec l'espace. Le chapitre suivant explorera comment ces concepts sont mis en œuvre dans le cadre pratique de la cartographie interactive du campus universitaire d'Oran 2.

CHAPITRE II :
Approches internationales et réalité Algérienne des
cartes d'orientation

1. Introduction

Dans un contexte universitaire en constante évolution, la numérisation des services devient un levier essentiel pour améliorer l'expérience des étudiants, du personnel et des visiteurs. Parmi les outils numériques les plus marquants, les cartes de navigation interactive s'imposent comme des solutions innovantes pour répondre aux défis de mobilité, d'accessibilité et d'orientation au sein des campus universitaires. De nombreuses universités à travers le monde ont adopté ces technologies avancées, intégrant des systèmes d'information géographique (SIG), des applications mobiles et des interfaces interactives intuitives. Ces dispositifs permettent non seulement de localiser efficacement les infrastructures, mais aussi de fluidifier les déplacements et d'optimiser la gestion des espaces.

À l'inverse, les universités algériennes font encore face à de nombreuses limites, allant du manque de cartes numériques actualisées à l'absence d'intégration avec les technologies modernes. Ce chapitre propose une analyse comparative entre les initiatives mises en place dans plusieurs universités internationales (Canada, France, États-Unis, Japon...) et la réalité observée dans les établissements algériens. Il met en lumière les écarts technologiques, les opportunités d'amélioration et les besoins spécifiques du contexte local, dans l'optique de proposer des solutions adaptées aux enjeux de digitalisation de l'enseignement supérieur en Algérie.

2. Adoption Généralisée des Cartes de Navigation Interactive dans les Universités à Travers le Monde

➤ Université de Bretagne Occidentale (UBO) :

L'Université de Bretagne Occidentale (UBO), située principalement à Brest, met à disposition des plans détaillés de ses différents campus. Ces plans incluent des vues aériennes affichant les noms des bâtiments et les composantes qu'ils abritent, facilitant ainsi l'orientation des étudiants, du personnel et des visiteurs. De plus, l'UBO propose une application de géolocalisation qui permet d'accéder aux plans et aux informations pratiques des différents campus, qu'ils soient situés à Brest, Quimper, Morlaix, SaintBrieuc ou Vannes. Cette application est

particulièrement utile pour les nouveaux étudiants ou les visiteurs, leur permettant de trouver facilement leur chemin vers les amphithéâtres, les salles de classe, les bibliothèques ou les services administratifs. Elle offre également des informations sur les lignes de bus desservant les campus et encourage l'utilisation du vélo en fournissant des détails sur les infrastructures cyclables disponibles. Cette initiative numérique vise à rendre le campus plus accessible et à promouvoir des modes de transport durables.

L'UBO propose une application de géolocalisation permettant d'accéder aux plans et aux informations pratiques des différents campus, facilitant ainsi la navigation pour les étudiants et les visiteurs. Plans des campus et application de) (géolocalisation, 2024

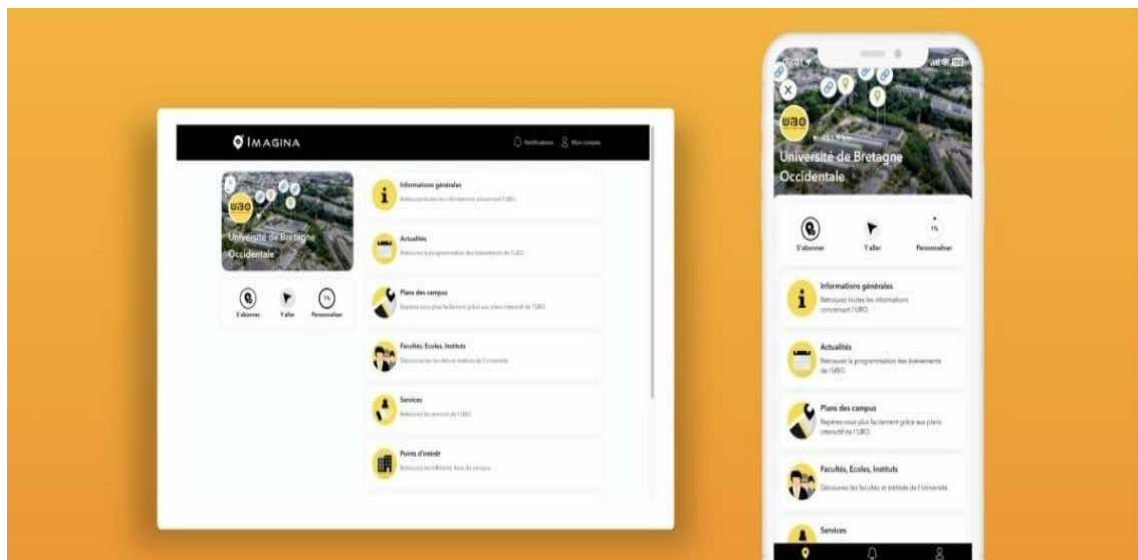


Figure 1:Interface de l'application de géolocalisation de l'Université de Bretagne Occidentale

➤ Université de Bordeaux (France) :

L'Université de Bordeaux propose des plans d'accès interactifs détaillés pour ses différents campus, notamment ceux situés à Bordeaux et dans son agglomération, ainsi qu'à Agen et Périgueux. Ces cartes interactives permettent aux étudiants, au personnel et aux visiteurs de localiser facilement les bâtiments universitaires, les amphithéâtres, les laboratoires, les bibliothèques et autres infrastructures essentielles. Les utilisateurs peuvent rechercher spécifiquement

un établissement d'enseignement supérieur ou toute autre information utile à la vie étudiante et universitaire. Cette initiative vise à améliorer l'accessibilité et la compréhension de l'environnement universitaire, en fournissant des outils intuitifs pour naviguer sur les différents sites. Les cartes sont conçues pour être conviviales, avec des fonctionnalités de zoom et de recherche pour aider les utilisateurs à trouver rapidement leur destination. Elles sont également régulièrement mises à jour pour refléter les nouvelles constructions ou les modifications apportées aux infrastructures existantes. (Plans d'accès interactifs des campus, 2024)

Elle propose des plans d'accès interactifs détaillés pour ses différents campus, permettant aux

Étudiants et visiteurs de localiser facilement les bâtiments et services :

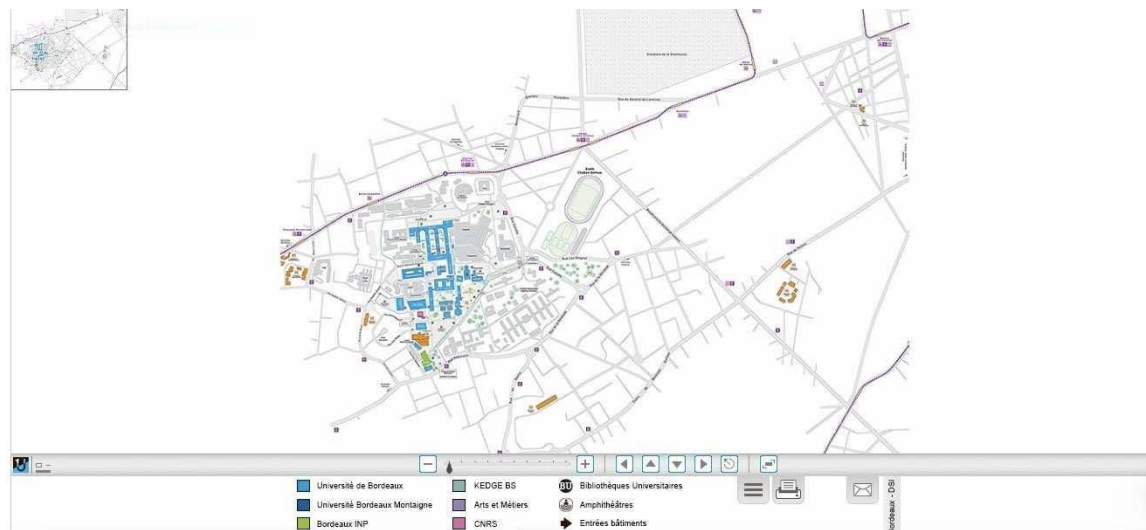


Figure 2: Carte interactive d'orientation de l'Université de Bordeaux

➤ Université Laval (Canada) :

Située à Québec, l'Université Laval a développé une application mobile innovante appelée **DéambUL**. Cette géoapplication gratuite est conçue pour aider les étudiants, les futurs étudiants et les visiteurs à naviguer sur le campus principal. Disponible sur l'App Store et Google Play, DéambUL localise l'utilisateur en temps

réel et propose une carte interactive du campus. L'application offre également divers parcours thématiques, permettant aux utilisateurs de découvrir les points d'intérêt selon leurs centres d'intérêt, qu'il s'agisse de l'architecture, de l'histoire ou des services offerts. Cette approche interactive enrichit l'expérience de visite et facilite l'intégration des nouveaux étudiants en leur fournissant des informations précises sur les emplacements des pavillons, des services étudiants, des installations sportives et des espaces de restauration. De plus, l'application est régulièrement mise à jour pour inclure de nouveaux parcours et des informations pertinentes, assurant ainsi une expérience utilisateur optimale. (Laval, 2024)

Elle a développé l'application DéambUL, une géo application offrant des itinéraires, des parcours thématiques et des points d'intérêt pour aider à la navigation sur le campus. :

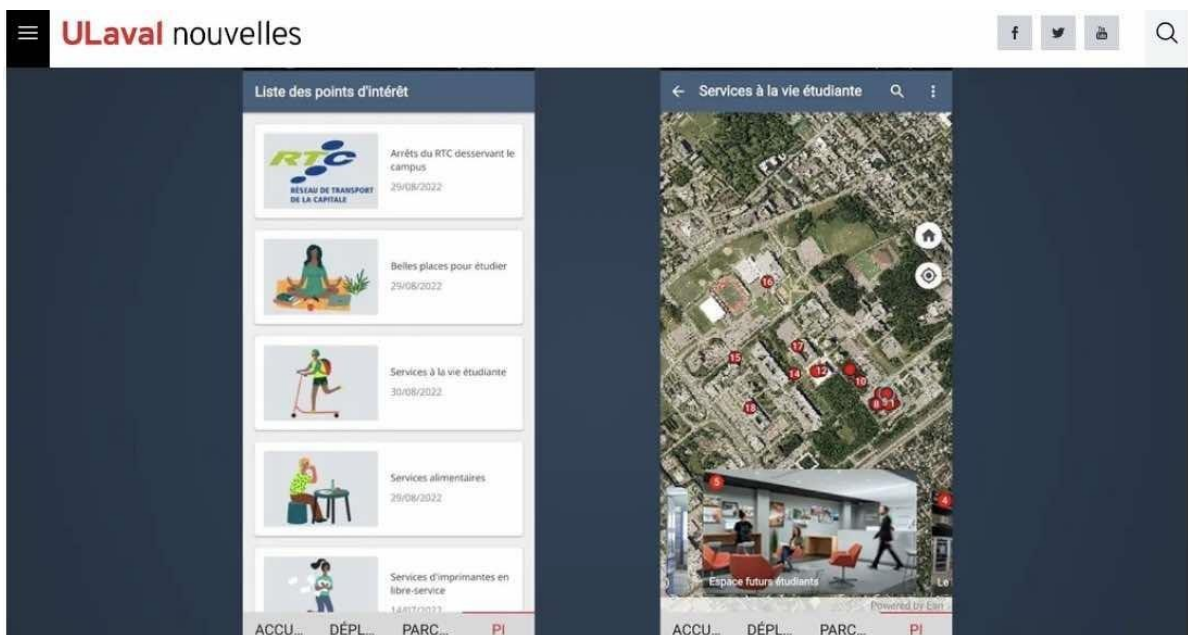


Figure 3: Interface de l'application DéambUL de l'Université Laval

➤ Université de Tokyo (Japon).

L'Université de Tokyo, souvent désignée sous le nom de "Todai", est l'une des institutions académiques les plus prestigieuses du Japon. Pour faciliter la navigation sur ses différents campus, l'université propose une carte interactive détaillée. Cette carte offre une vue complète des installations universitaires,

incluant les bâtiments académiques, les laboratoires de recherche, les bibliothèques, les installations sportives et les espaces verts. Les utilisateurs peuvent facilement identifier les emplacements des différentes facultés, départements et services administratifs. De plus, la carte fournit des informations sur les itinéraires recommandés pour se déplacer efficacement entre les différents points du campus. Cette initiative vise à améliorer l'expérience des étudiants, du personnel et des visiteurs en rendant le vaste campus plus accessible et en aidant chacun à trouver rapidement les ressources ou les lieux qu'il recherche. La carte est régulièrement mise à jour pour refléter les changements et les développements au sein de l'université. (Tokyo, s.d.)

Elle propose une carte interactive de son campus, offrant des informations détaillées sur les bâtiments, les installations et les itinéraires recommandés :

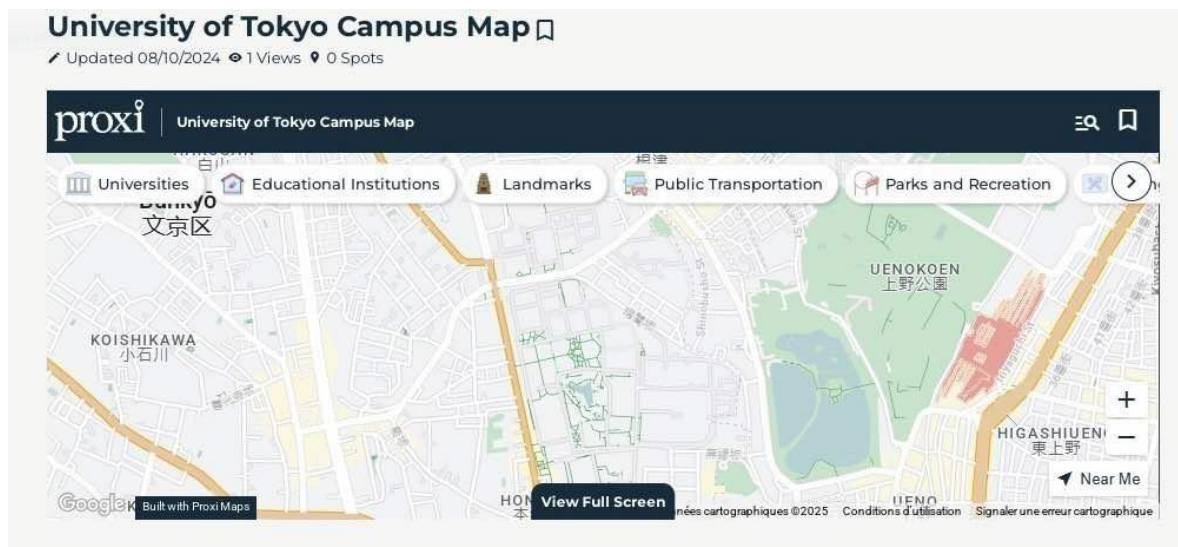


Figure 4: Carte interactive du campus de l'Université de Tokyo

➤ L'Université Harvard

Fondée en 1636 à Cambridge, Massachusetts, est l'une des plus anciennes et prestigieuses universités des États-Unis et du monde. Elle propose une grande variété de facultés et de programmes académiques réputés.

L'université met à disposition une carte interactive de son campus, permettant aux étudiants et visiteurs de se repérer facilement.

Cette carte a été sélectionnée pour son design interactif qui facilite l'exploration du campus et l'identification des bâtiments et infrastructures.

Harvard utilise un système d'information géographique (SIG) personnalisé pour développer cette carte, garantissant ainsi des informations précises et régulièrement mises à jour. L'interface est claire et facile à utiliser, ce qui en fait un outil efficace pour la navigation sur le campus. (University H. , s.d.)

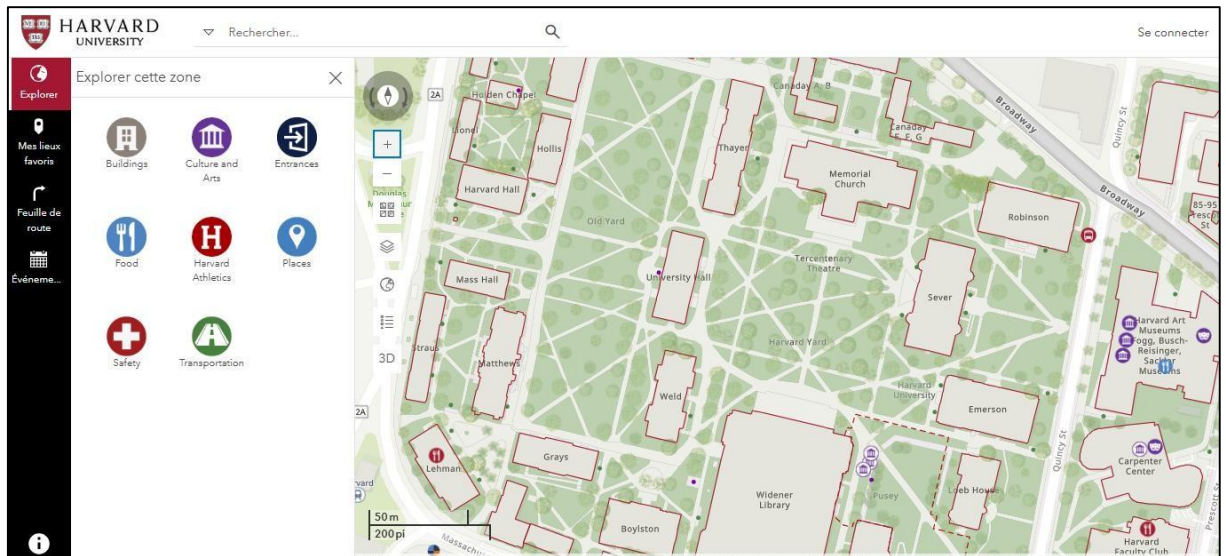


Figure 5: Carte interactive du campus de l'Université Harvard

➤ L'Université de Purdue

a été fondée en 1869 dans l'État de l'Indiana, aux États-Unis, et est reconnue pour ses programmes solides dans les domaines de l'ingénierie, de la technologie et des sciences. Elle est l'une des universités les plus influentes en matière de recherche scientifique et de développement.

L'université propose une carte interactive en 2D de son campus, permettant aux utilisateurs de naviguer facilement entre les bâtiments et les installations. Cette carte se distingue par sa conception simple mais efficace, qui se concentre sur une navigation rapide à l'intérieur du campus, sans les complexités d'une vue en 3D.

Parmi les fonctionnalités de la carte figurent une recherche simplifiée, ainsi que des informations sur les parkings et les bâtiments. La carte utilise des technologies de Google Maps personnalisées, garantissant ainsi des informations précises et une utilisation facile. Cependant, certains détails peuvent ne pas être parfaitement clairs, ce qui suggère que la facilité d'utilisation est moyenne. (University P. , s.d.)

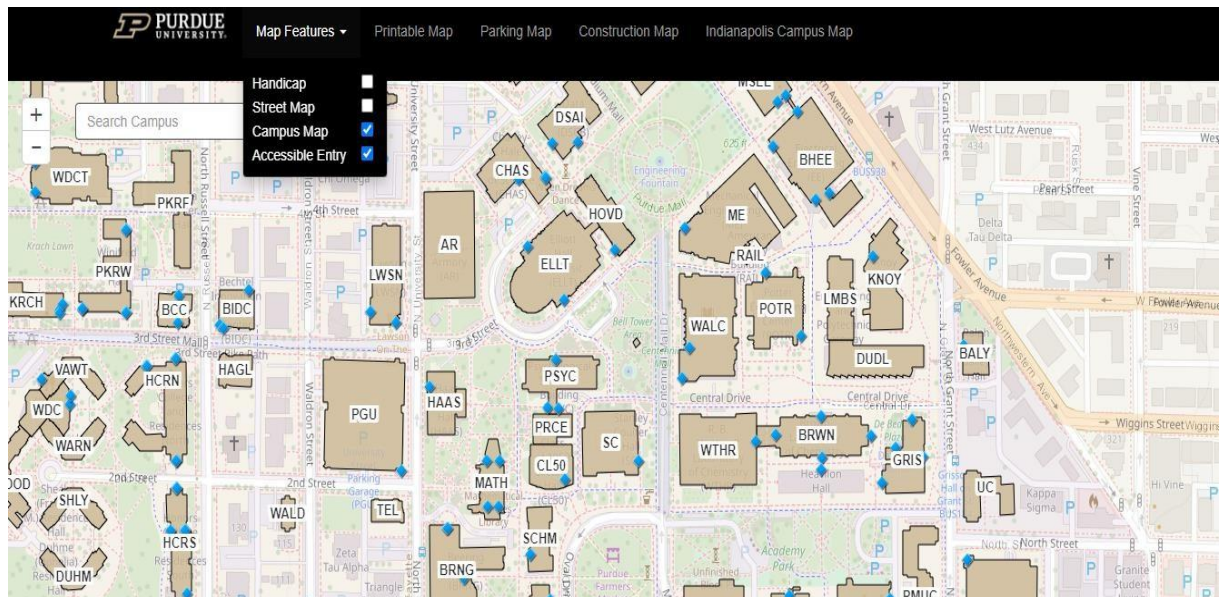


Figure 6: Carte interactive du campus de l'Université Purdue

➤ L'Université de Toronto

Fondée en 1827, est l'une des plus grandes universités du Canada, reconnue pour ses programmes de recherche solides et une large gamme de disciplines.

L'université propose une carte interactive de son campus, permettant aux utilisateurs de naviguer et d'explorer facilement ses bâtiments et installations. La carte a été choisie en raison de son design interactif et détaillé, facilitant l'exploration du campus et la découverte des différentes installations.

Parmi les caractéristiques de la carte figurent la classification des bâtiments par catégorie, une recherche précise et la possibilité d'intégration avec d'autres données. La carte utilise un système GIS personnalisé, garantissant ainsi la précision des informations et une facilité d'utilisation. La convivialité de la carte

est excellente, ce qui permet aux utilisateurs de naviguer et d'explorer le campus en toute simplicité. (Toronto, s.d.)

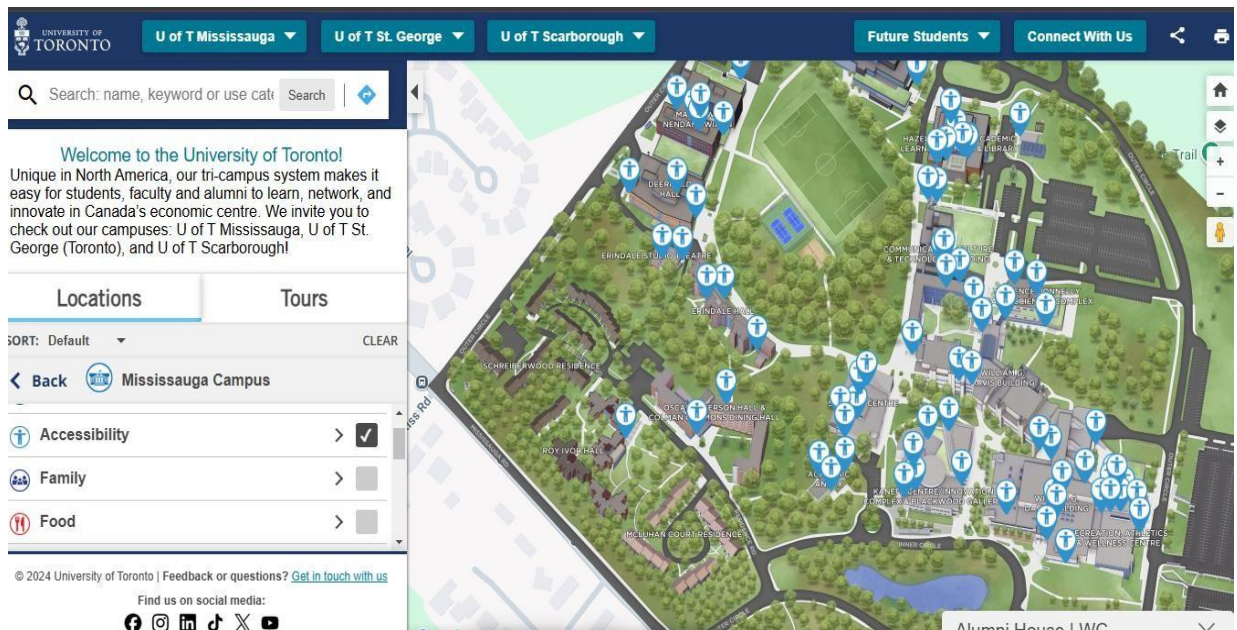


Figure 7: Carte interactive du campus de l'Université de Toronto

3. Comparaison des cartes interactive de navigation dans les universités mondiales

3.1. Points communs entre les cartes

- **Recherche des bâtiments et des installations :**

Toutes les cartes offrent une fonctionnalité de recherche permettant aux utilisateurs de trouver facilement les différents bâtiments et installations sur le campus. Que ce soit des bibliothèques, des laboratoires ou des salles de sport, cette fonctionnalité permet aux étudiants et aux visiteurs d'accéder rapidement aux lieux qu'ils recherchent.

- **Interaction :**

Toutes les cartes proposent une interface interactive permettant aux utilisateurs de naviguer entre les bâtiments et les installations du campus. Cette interaction peut inclure des zooms avant et arrière, ainsi que des déplacements de la carte selon les besoins. De plus, les cartes sont compatibles avec les appareils mobiles, permettant ainsi une utilisation

facile sur smartphones et tablettes, ce qui facilite l'accès à tout moment et en tout lieu.

- **Technologies utilisées :**

Toutes les cartes utilisent des technologies avancées telles que les systèmes d'information géographique (SIG) et les cartes Google ou des systèmes propres aux universités. Ces technologies permettent d'intégrer des données géographiques et spatiales pour fournir des informations précises et constamment disponibles.

- **Personnalisation des cartes :** La plupart des cartes offrent la possibilité de personnaliser les cartes, ce qui permet de filtrer les bâtiments par catégories telles que les bâtiments académiques, administratifs ou les installations sportives. Cette fonctionnalité aide à simplifier l'expérience utilisateur et lui permet d'accéder rapidement aux informations recherchées.

3.2. *Points de différence entre les cartes*

- ❖ **Niveau d'interaction :**

- Université Laval (DéambUL) propose une interaction très riche avec des parcours thématiques personnalisés, ce qui dépasse largement les simples fonctions de navigation.
- Université de Tokyo offre une interaction fonctionnelle mais classique, centrée sur la navigation efficace.
- Université Harvard et Université de Toronto offrent une très bonne interactivité via des SIG personnalisés, mais sans dimension ludique ou personnalisable comme Laval.
- Université Purdue a une interaction plus simple et moins immersive, ce qui peut limiter l'expérience utilisateur.

- ❖ **Précision des détails :**

- Université Harvard, Toronto et Tokyo sont en tête avec des données très précises et à jour, grâce à leur usage approfondi des SIG.
- Université Laval offre aussi un bon niveau de précision, avec des mises à jour régulières de son application.
- Université Purdue montre une précision moyenne, car certains détails ne sont pas clairement visibles malgré l'usage de Google Maps.

❖ **Intégration avec d'autres systèmes :**

- Université Laval intègre des données thématiques (parcours historiques, architecturaux...), ce qui enrichit l'expérience.
- Université de Toronto et Harvard utilisent des SIG personnalisés pouvant être connectés à d'autres bases de données, renforçant leur potentiel pour la gestion du campus.
- Université de Bordeaux et UBO intègrent des infos sur les transports en commun, les pistes cyclables, ce qui relie bien la carte aux systèmes urbains.
- Université Purdue semble moins intégrée à d'autres systèmes que les autres universités.

❖ **Facilité d'utilisation :**

- Université Laval et Toronto sont les plus ergonomiques, avec des interfaces claires, intuitives, et adaptées aux mobiles.
- Université de Bordeaux et UBO offrent aussi une bonne facilité, notamment pour les nouveaux arrivants.
- Université Purdue, malgré sa simplicité, peut poser des limites en lisibilité ou clarté pour l'utilisateur.
- Université de Tokyo reste fonctionnelle, mais l'interface est moins moderne comparée aux autres.

4. Difficultés de Mobilité dans les Campus Universitaires Traditionnels

Les campus universitaires traditionnels, notamment en Algérie, souffrent fréquemment de problèmes de mobilité. En l'absence de signalisation adéquate et d'une planification spatiale optimisée, la navigation au sein de ces espaces devient complexe, ce qui nuit à l'expérience des usagers. Les bâtiments sont souvent mal indiqués, les parcours de circulation sont mal définis, et la gestion des espaces est sous-optimale, ce qui entraîne des pertes de temps et de ressources.

En Algérie, cette problématique est exacerbée par un manque d'infrastructures modernes adaptées à la mobilité et à l'accessibilité des utilisateurs. Les étudiants, en particulier les nouveaux arrivants, rencontrent de nombreuses difficultés pour s'orienter, ce qui diminue leur efficacité et leur bien-être sur le campus. (Benyahia, 2020)

4.1. Manque de Solutions Numériques Globales dans les Universités Algériennes

Une autre difficulté majeure dans les universités algériennes réside dans le manque de solutions numériques globales pour la gestion des campus. Contrairement à d'autres pays, où des systèmes de gestion de campus numériques sont largement utilisés pour coordonner la gestion des bâtiments, des ressources et des services, les universités algériennes restent largement dépendantes de méthodes manuelles et de systèmes fragmentés. (Bouzidi, 2019)

Université	Fondation	CMS utilisé	Technologies principales	Outils d'accessibilité
Université de Bretagne occidentale	1971	Drupal	HTML5,Css,Java script	Non spécifié
Université de bordeaux	1441	CMS propriétaire	HTML5,Css,Java Script	RGAA,contrastfinder,W3c Validator

Université Laval	1852	TYPO3	HTML5,Css,Java Script	Non spécifié
Université tokyo	1877	CMS propriétaire	HTML5,Css,Java Script	Non spécifié
Université Havard	1636	Wordpress	HTML5,Css,Java Script	Non spécifié
Université purdue	1869	Cascade	HTML5,Css,Java Script	Non spécifié

Tableau 2: Comparaison des cartes interactive de navigation dans les universités mondiales

4.2. La réalité des cartes d'orientation en Algérie (notamment dans les universités)

En Algérie, les cartes d'orientation au sein des universités sont encore à leurs débuts par rapport aux universités internationales. Malgré l'augmentation du nombre d'universités et de centres universitaires, la plupart d'entre eux manquent de systèmes de cartographie interactive avancés facilitant la navigation des étudiants et des visiteurs à l'intérieur du campus.

➤ État actuel des cartes d'orientation dans les universités algériennes

- La plupart des universités algériennes s'appuient sur des cartes papier traditionnelles ou des panneaux d'orientation placés à l'entrée de certaines facultés et bâtiments importants. Cependant, ces moyens sont souvent insuffisants pour couvrir l'ensemble du campus universitaire ou aider les nouveaux étudiants et visiteurs à se repérer facilement.



Figure 8: Panneau d'orientation à la Faculté des Sciences Economiques et des Sciences commerciales – Université d'Oran 2

- Dans certaines grandes universités comme l'Université d'Alger et l'Université d'Oran, des cartes numériques sont disponibles sur les sites officiels. Toutefois, elles sont souvent non interactives et non mises à jour, se limitant à une image statique du campus prise sur Google Maps, ce qui les rend peu pratiques par rapport aux systèmes numériques modernes.

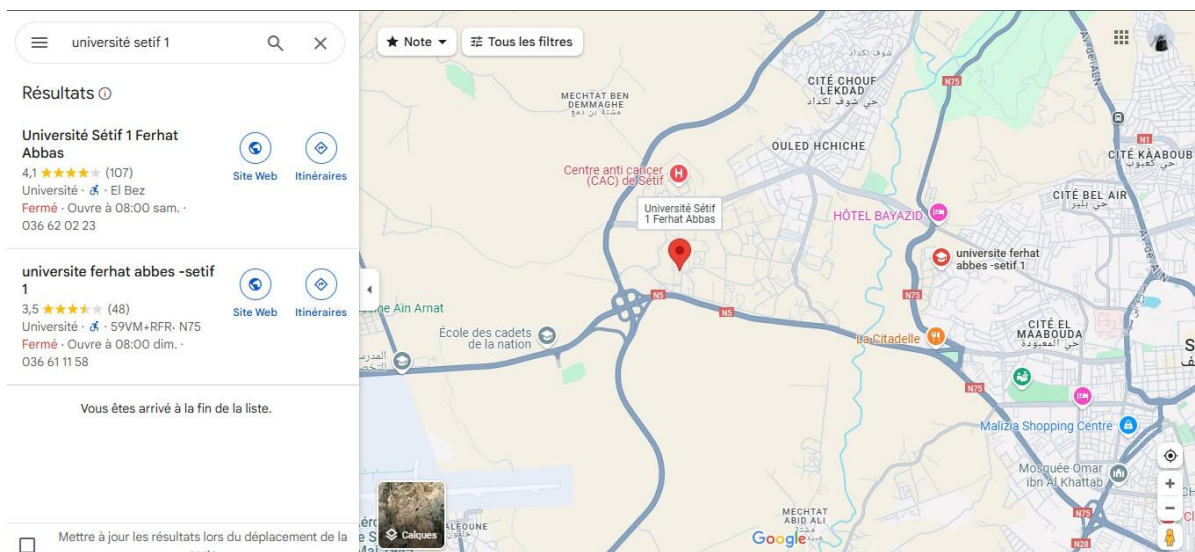


Figure 9: Capture d'écran de Google Maps montrant le site de l'Université Sétif 1

Certaines universités, comme l'Université de Biskra, ont commencé à mettre en place des solutions alternatives pour améliorer l'orientation. L'université a introduit des codes QR pour chaque bâtiment du campus, permettant aux étudiants et visiteurs de les scanner avec leurs smartphones afin d'accéder directement aux coordonnées GPS du bâtiment via des applications de cartographie. Cette initiative facilite la navigation au sein de l'université et constitue une alternative pratique aux cartes traditionnelles.



Figure 10: Capture du site officiel de l'Université de Biskra montrant le code QR des bâtiments

4.3. Principaux problèmes et défis

✚ Absence de mises à jour régulières :

La plupart des cartes, qu'elles soient papier ou numériques, ne sont pas mises à jour périodiquement, ce qui les rend peu précises.

✚ Faiblesse de l'infrastructure numérique :

De nombreuses universités n'investissent pas suffisamment dans le développement de plateformes numériques avancées pour l'affichage des cartes.

✚ Manque d'intégration avec les technologies modernes :

Il n'existe aucune carte interactive compatible avec les applications de navigation GPS ou les technologies de réalité augmentée (AR), ce qui complique l'orientation, notamment pour les nouveaux étudiants.

Informations insuffisantes :

Les cartes disponibles se limitent généralement à une vue générale des facultés et bâtiments principaux, sans fournir de détails précis sur les infrastructures comme les bureaux administratifs, les restaurants, les installations sportives et les bibliothèques.

5. Comparaison avec les universités internationales

Alors que les universités internationales, telles que Harvard, Stanford, offrent des cartes interactives avancées permettant aux étudiants de rechercher des emplacements spécifiques et de se déplacer facilement, la plupart des universités algériennes ne disposent même pas de cartes de base mises à jour.

Certaines universités internationales proposent des cartes en 3D et des services intégrés via des applications mobiles, tandis que les universités algériennes s'appuient encore principalement sur des cartes imprimées ou des images statiques sur leurs sites Web .

Critère	Universités internationales	Universités algériennes
Type de cartes	Cartes numériques interactive mises à jour en continu	Cartes papier ou images statiques
Mise à jour régulière	Mise à jour fréquente via internet et applications	Aucune mise à jour
Technologies avancées	Carte en 3D , réalité augmentée(AR), navigation intelligente	Très rare,presqu e inexistante
Recherche d'emplacements	Recherche des salles, des bureaux administratifs et des bibliothèques via des applications mobiles.	Non disponible
Intégration avec le GPS	Intégration complète avec Google Maps et Apple Maps	Très limitée ou absente

Application mobile	Oui, la plupart des universités proposent des application officielles pour leurs services	Très rare
Informations détaillées	Inclut les salles, les bureaux, les bibliothèques, les parkings, les logements universitaires, les accès PMP, etc.	Informations détaillées

Tableau 3: Comparaison entre les cartes interactives universitaires en Algérie et à l'international

6. Conclusion

L'analyse des cartes interactives utilisées par les grandes universités internationales met en évidence un virage numérique clair vers des outils intuitifs, accessibles et intégrés aux besoins quotidiens des usagers. Ces systèmes améliorent significativement l'expérience des étudiants, facilitent la gestion des infrastructures, et soutiennent des objectifs plus larges en matière d'accessibilité, de durabilité et de sécurité. En comparaison, les universités algériennes accusent un retard manifeste, tant sur le plan technologique que fonctionnel, malgré quelques initiatives isolées. Ce décalage souligne l'urgence de repenser l'aménagement numérique des campus en Algérie. La création de cartes d'orientation interactives, régulièrement mises à jour et intégrées aux plateformes mobiles, s'impose comme une priorité stratégique pour améliorer la mobilité, l'inclusion et la qualité des services universitaires. Elle représente également un levier pour renforcer l'image des établissements algériens à l'échelle nationale et internationale, en les inscrivant pleinement dans l'ère de la transformation digitale.

CHAPITRE III :
Conception des Cartes Interactives et Bases de
Données Géospatiales

1. Introduction

Ce chapitre explore les concepts fondamentaux et les étapes pratiques pour la création de cartes interactives et la gestion des bases de données spatiales dans le cadre de projets web et de systèmes d'information géographique (SIG). Il aborde les caractéristiques des bases de données spatiales, telles que le stockage et l'interrogation des données géolocalisées, ainsi que les étapes clés pour concevoir, développer et déployer une carte interactive sur un site web. En s'appuyant sur des technologies modernes telles que MapLibre GL JS, Google Maps API, Leaflet, et ArcGIS, ce chapitre détaille les outils, les techniques d'optimisation et les architectures nécessaires pour créer des solutions cartographiques performantes et adaptées aux besoins des utilisateurs. Que ce soit pour améliorer l'expérience utilisateur, visualiser des données géographiques complexes ou optimiser la navigation sur un campus universitaire, ce chapitre fournit une base solide pour maîtriser la cartographie web et l'analyse spatiale.

La mise en place d'une carte de navigation interactive pour un site web nécessite plusieurs étapes : analyse des besoins, collecte des données, choix des outils, développement et tests. Une carte bien conçue améliore la navigation des utilisateurs et optimise la gestion des espaces. Grâce aux technologies modernes comme Google Maps API ou Leaflet.js, il est possible de créer des cartes interactives performantes et adaptées aux besoins spécifiques de chaque projet.

2. Architecture du Système

Architecture du système :

L'architecture du système repose sur une organisation modulaire qui permet de séparer l'interface utilisateur, le traitement des données et le stockage des informations.

Architecture générale de notre système :

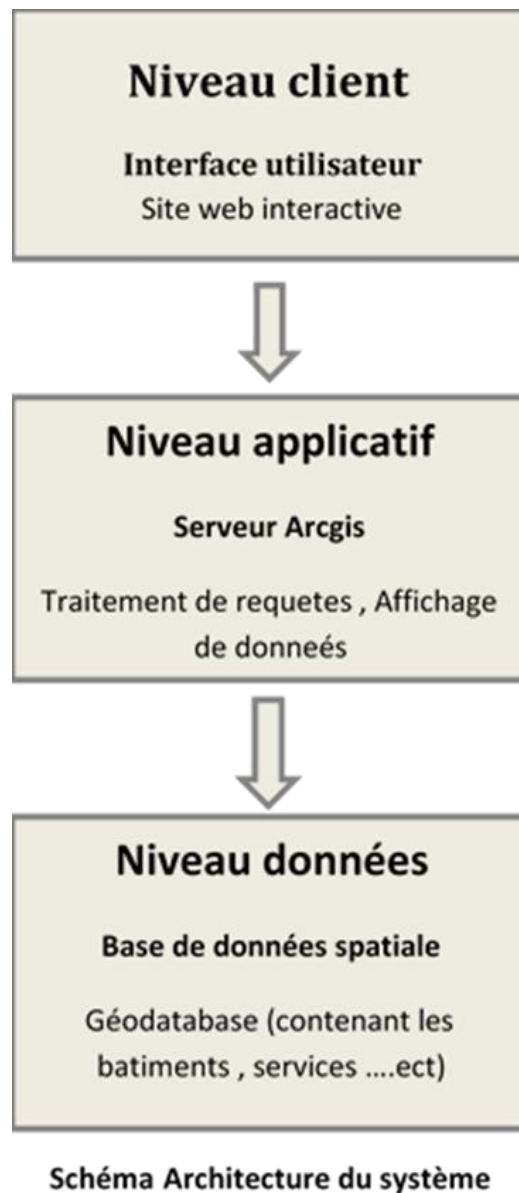
Le système mis en place repose sur une architecture web-GIS (Web Geographic Information System), accessible via une interface en ligne développée avec ArcGIS Instant Apps.

Il est structuré selon trois niveaux :

- Niveau client : interface utilisateur (application web interactive)
- Niveau applicatif : serveur ArcGIS (traitement des requêtes, affichage des données)
- Niveau données : base de données spatiale (géodatabase contenant les bâtiments, services, routes, etc.)

Module	Description	Composants principaux
Module cartographique	Affichage des couches interactives	Carte principale , outils de zoom ,navigation
Module de recherche	Permet de localiser un bâtiment ou un service	Barre de recherche, filtres
Module informatif	Affiche les détails d'un point sélectionné	Pop-up d'informations (nom, fonction, horaire...)
Module de navigation	Propose des itinéraires entre deux points	Calculs d'itinéraires (non activé dans tous les cas)
Base de données spatiale	Structure les données géographiques	Feature classes (bâtiments, routes, arrêts...), tables attributaires

Tableau 4: Modules et composants du système



3. Modélisation

3.1. *Modèle Conceptuel de Données (MCD)*

Le Modèle Conceptuel de Données (MCD) présenté ci-dessus a été élaboré à partir d'une analyse approfondie des éléments spatiaux, fonctionnels et organisationnels du campus universitaire. L'objectif principal était de représenter de manière structurée l'ensemble des entités géographiques et administratives, ainsi que leurs interactions.

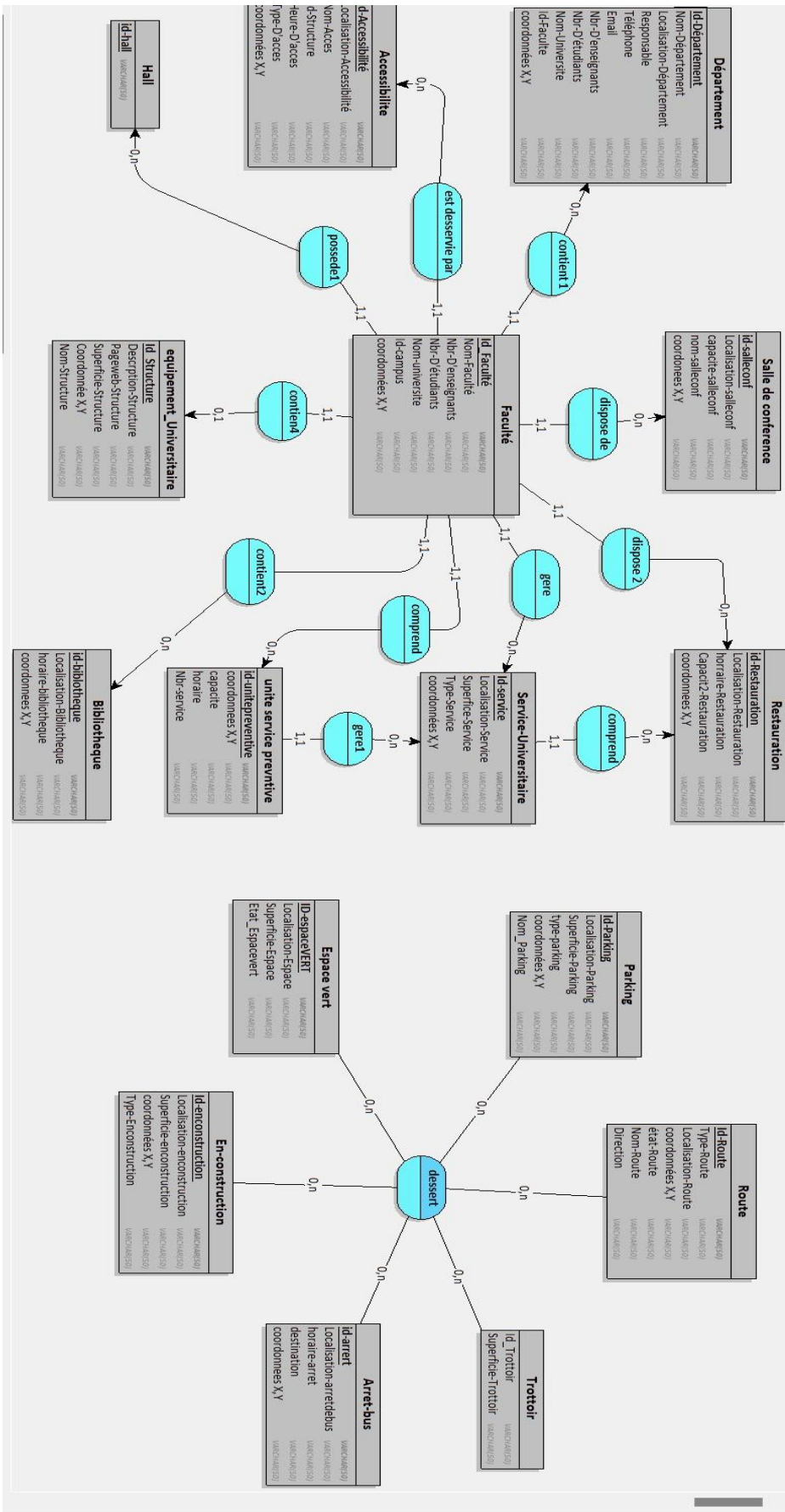


Schéma Modèle Conceptuel de Données

La démarche suivie repose sur une modélisation orientée entité-association, selon les principes de Merise

L'entité centrale du modèle est "Campus", qui joue un rôle pivot dans la structure, puisqu'elle est en relation avec la majorité des autres entités.

Nous avons identifié plusieurs entités principales telles que :

Route, Parking, Trottoir, Espace Vert, Service Universitaire, Structure Universitaire, Faculté, Département, Accessibilité, etc.

Les associations telles que "dispose de", "contient", "dessert", "intègre", ou encore "comprend" permettent de modéliser les relations logiques et spatiales entre ces entités.

Par exemple :

Un campus peut disposer de plusieurs structures universitaires.

Une route peut desservir plusieurs parkings.

Un campus peut intégrer un espace vert ou contenir plusieurs facultés.

Chaque entité est décrite à travers des attributs pertinents, incluant des informations spatiales (comme les coordonnées X,Y, les superficies, etc.), ce qui est essentiel dans le cadre d'une modélisation géomatique.

Ce MCD constitue une base solide pour la génération du MLD, et ensuite pour la mise en place d'une base de données spatiale permettant une gestion optimale du site universitaire.

3.2. Modèle Logique de Données (MLD)

Relation	Attributs
Campus	(Id_Campus, Nom_Campus, Localisation_Campus, Superficie_Campus, coordonnées_X_Y, siteweb_Campus, pagefb_Campus, num_Campus, Nbr_Faculté, Adresse, Email_Campus);
Route	(Id_Route, Type_Route, Localisation_Route, coordonnées_X_Y, état_Route, Nom_Route, Direction_);
Faculté	(Id_Faculté, Nom_Faculté, Nbr_D_enseignants_, Nbr_D_étudiants_, Nom_universite, Id_campus, coordonnées_X_Y);
Espace_vert	(ID_espaceVERT, Localisation_Espace, Superficie_Espace, Etat_Espacevert);
Accessibilité	(Id_Accessibilité, Localisation_Accessibilité, Nom_Acces, Id_Structure_, Heure_D_acces, Type_D_acces, coordonnées_X_Y);
Département_	(Id_Département_, Nom_Département_, Localisation_Département_, Responsable_, Téléphone_, Email, Nbr_D_enseignants_, Nbr_D_étudiants_, Nom_Universite, Id_Faculte, coordonnées_X_Y);

Parking	(Id_Parking, Localisation_Parking, Superficie_Parking, type_parking, coordonnées_X_Y, Nom_Parking);
En_construction	(Id_enconstruction_, Localisation_enconstruction, Superficie_enconstruction, coordonnées_X_Y, Type_Enconstruction_);
Service_Universitaire	(Id_service, Localisation_Service, Superficie_Service, Type_Service, coordonnées_X_Y);
Trottoir_	(Id_Trottoir, Superficie_Trottoir);
Structure_Universitaire	(Id_Structure, Description_Structure, Pageweb_Structure, Superficie_Structure, Coordonnée_X_Y, Nom_Structure);
Dispose	(#Id_Campus, #Id_Route);
Deserve	(#Id_Route, #Id_Parking);
Comprend	(#Id_Campus, #ID_espaceVERT, #Id_Accessibilité, #Id_enconstruction_, #Id_Trottoir);
Structuré_en	(#Id_Faculté, #Id_Département_);
Dispose_de	(#Id_Campus, #Id_Structure);
Composé_de	(#Id_Faculté, #Id_service, #Id_Structure);

Dictionnaire de Données

Entité	Nom du champ	Type de données	Description
Campus	Id_Campus	numérique	Identifiant unique du campus
Campus	Nom_Campus	alphabétique	Nom officiel du campus
Campus	Localisation_Campus	alphabétique	Adresse géographique du campus
Campus	Superficie_Campus	numérique	Superficie totale en m ²
Campus	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées géographiques (latitude, longitude)
Campus	siteweb_Campus	alphanumérique	Lien vers le site web du campus
Campus	pagefb_Campus	alphanumérique	Page Facebook officielle du campus
Campus	num_Campus	numérique	Numéro interne du campus
Campus	Nbr_Faculté	numérique	Nombre de facultés dans le campus
Campus	Adresse	alphabétique	Adresse postale complète
Campus	Email_Campus	alphanumérique	Adresse e-mail du campus
Route	Id_Route	numérique	Identifiant unique de la route
Route	Type_Route	alphabétique	Type de route (principale, secondaire...)
Route	Localisation_Route	alphabétique	Localisation géographique de la route
Route	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées GPS de la route
Route	état_Route	alphabétique	État actuel (bonne, dégradée...)
Route	Nom_Route	alphabétique	Nom officiel de la route
Route	Direction_Route	alphabétique	Orientation géographique
Faculté	Id_Faculté	numérique	Identifiant unique de la faculté
Faculté	Nom_Faculté	alphabétique	Nom officiel de la faculté
Faculté	Nbr_D_enseignants_Faculté	numérique	Nombre total d'enseignants
Faculté	Nbr_D_étudiants_Faculté	numérique	Nombre total d'étudiants
Faculté	Nom_universite	alphabétique	Université d'affiliation

Faculté	Id_campus	numérique	Campus auquel appartient la faculté
Faculté	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées géographiques
Département	Id_Département_	numérique	Identifiant unique du département
Département	Nom_Département_	alphabétique	Nom officiel du département
Département	Localisation_Département_	alphabétique	Emplacement géographique du département
Département	Responsable_Département	alphabétique	Nom du responsable du département
Département	Email_Département	alphanumérique	Adresse e-mail du département
Département	Nbr_D_enseignants_Département	numérique	Nombre d'enseignants
Département	Nbr_D_étudiants_Département	numérique	Nombre d'étudiants
Département	Nom_Universite	alphabétique	Université d'affiliation
Département	Id_Faculte	numérique	Identifiant de la faculté associée
Département	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées géographiques
Parking	Id_Parking	numérique	Identifiant du parking
Parking	Localisation_Parking	alphabétique	Emplacement géographique du parking
Parking	Superficie_Parking	numérique	Superficie totale en m ²
Parking	type_parking	alphabétique	Type de parking (voiture, moto...)
Parking	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées GPS du parking
Parking	Nom_Parking	alphabétique	Nom attribué au parking
En_construction	Id_enconstruction_	numérique	Identifiant du site en construction
En_construction	Localisation_enconstruction	alphabétique	Localisation du chantier
En_construction	Superficie_enconstruction	numérique	Superficie totale du chantier
En_construction	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées géographiques
En_construction	Type_Enconstruction_	alphabétique	Type de structure en construction

Service_Universitaire	Id_service	numérique	Identifiant du service universitaire
Service_Universitaire	Localisation_Service	alphabétique	Emplacement du service
Service_Universitaire	Superficie_Service	numérique	Superficie occupée par le service
Service_Universitaire	Type_Service	alphabétique	Catégorie/fonction du service
Service_Universitaire	coordonnées_X_Y	alphabétique	Coordonnées GPS
Trottoir	Id_Trottoir	numérique	Identifiant du trottoir
Trottoir	Superficie_Trottoir	numérique	Superficie totale du trottoir
Structure_Universitaire	Id_Structure	numérique	Identifiant de la structure universitaire
Structure_Universitaire	Description_Structure	alphabétique	Description brève de la structure
Structure_Universitaire	Pageweb_Structure	alphanumérique	Site web associé à la structure
Structure_Universitaire	Superficie_Structure	numérique	Superficie de la structure
Structure_Universitaire	Coordonnée_X_Y	alphabétique	Coordonnées GPS
Structure_Universitaire	Nom_Structure	alphabétique	Nom de la structure

3.3. Modèle Conceptuel des Traitements :

Le MCT décrit les grandes fonctions du système et les interactions entre les différents modules.

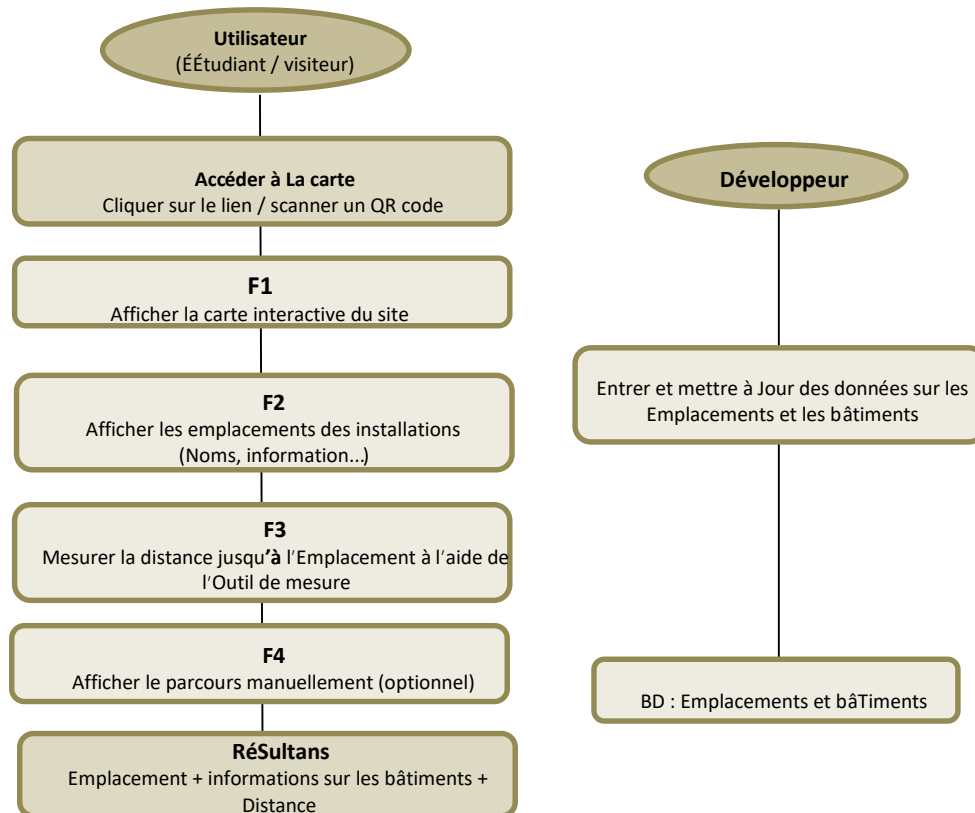


Schéma Modèle Conceptuel des Traitements

Ce schéma permet de mieux comprendre les interactions entre les différentes parties du système, notamment l'utilisateur (étudiant ou visiteur), le développeur et la base de données. Il illustre les traitements principaux effectués à travers la carte interactive.

L'utilisateur accède à la carte via un lien ou un QR code (F1), explore les installations et leurs informations (F2), peut mesurer une distance entre sa position et un bâtiment (F3), ou tracer un itinéraire manuellement (F4). Le système affiche ensuite les résultats sous forme de distances et d'informations localisées.

De son côté, le développeur ou l'admin est chargé de la saisie et de la mise à jour des données (emplacements, bâtiments, etc.), qui sont stockées dans la base de données. Ces informations alimentent les différentes fonctionnalités du système.

Ce modèle offre ainsi une vue d'ensemble claire du fonctionnement du système et de la répartition des rôles.

Acteur	Déclencheur	Traitement	Résultat attendu
Étudiant / Visiteur	Cliquer sur le lien ou scanner un QR code	F1 – Afficher la carte interactive du site	Affichage de la carte du campus
Étudiant / Visiteur	Sélectionner une installation	F2 – Afficher les emplacements et informations	Informations sur les bâtiments ou services sélectionnés
Étudiant / Visiteur	Tracer un itinéraire manuellement (optionnel)	F3 – Mesurer la distance jusqu'à un emplacement	Distance affichée entre l'utilisateur et la destination
Développeur / Admin	Entrer ou mettre à jour des données	Entrée / Mise à jour des données	Données actualisées dans la base : emplacements, bâtiments, informations
Base de données	-	Fournir les données pour F1 à F4	Données géographiques affichées à l'utilisateur

Tableau 5:Tableau des traitements liés à l'utilisation de la carte interactive

4. Étapes de préparation des cartes sur ArcGIS Map

1. Collecte des données géographiques

Identification des facultés, équipements, routes, arrêts de bus, entrées, etc.

Données collectées à partir de :

- Images satellites
- Visites de terrain dans le campus

2. Organisation des données et préparation des tableaux

-Organisation des données dans des tableaux Excel.

-Champs définis : nom de la faculté, type d'équipement, nombre d'étages, etc.

-Vérification de la propreté des données (sans doublons ni erreurs).

3. Ouverture du logiciel ArcGIS Map

- Création d'un nouveau projet.
- Définition du système de référence spatiale (WGS 84).

4. Numérisation des entités (Numérisation)

- Importation d'un fond de carte.
- Numérisation manuelle des entités :
 - Polygones : facultés, bâtiments
 - Lignes : routes, limites de l'université
 - Points : entrées, arrêts de bus, distributeurs

5. Création et personnalisation des couches

- Création de couches selon le type de données (points, lignes, polygones).
- Liaison de chaque couche à sa table attributaire.
- Ajout de symboles et couleurs distinctives.

6. Enregistrement du projet

4.1. Analyse des cartes de l'Université d'Oran 2

La Zone d'étude : Cette carte situe l'université de Belgaïd dans son environnement géographique, entre les quartiers de Sidi El Bachir et Bir El Djir. Elle met en évidence les accès à l'université, les routes, les zones en construction et les espaces verts. Elle est utile pour comprendre la position stratégique du campus et son organisation générale.

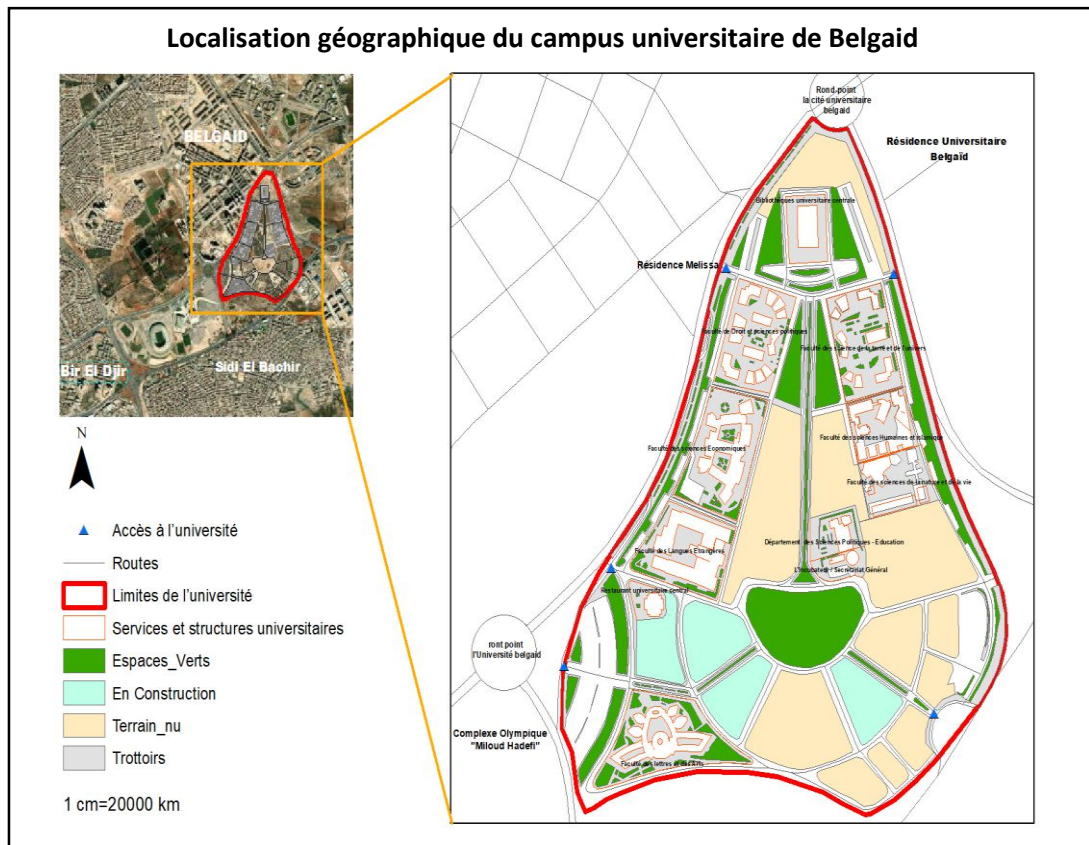
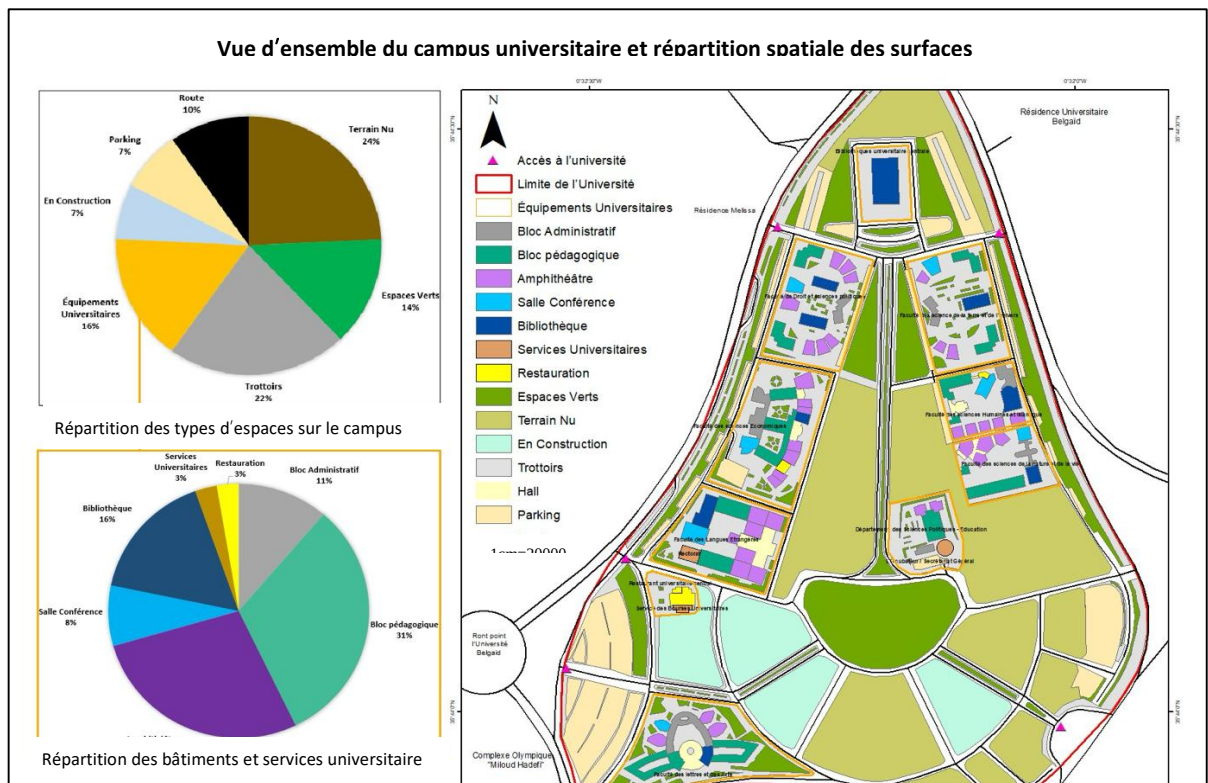


Figure 11: Carte de Localisation géographique du campus universitaire de Belgaid

Analyse spatiale du campus universitaire de Belgaid



✓ Répartition fonctionnelle et occupation du sol au sein du campus

Cette carte donne une vision d'ensemble du campus universitaire ainsi que deux graphiques circulaires illustrant la répartition des surfaces. Le premier diagramme montre la part relative de chaque type d'espace (terrain nu, trottoirs, espaces verts, etc.), tandis que le second se concentre sur la répartition des bâtiments et services universitaires (bibliothèques, amphithéâtres, restauration, etc.).

Deux graphiques circulaires illustrant la répartition des surfaces. Le premier diagramme montre la part relative de chaque type d'espace (terrain nu, trottoirs, espaces verts, etc.), tandis que le second se concentre sur la répartition des bâtiments et services universitaires (bibliothèques, amphithéâtres, restauration, etc.).

Analyse détaillée d'une faculté : Cas de la Faculté de Droit

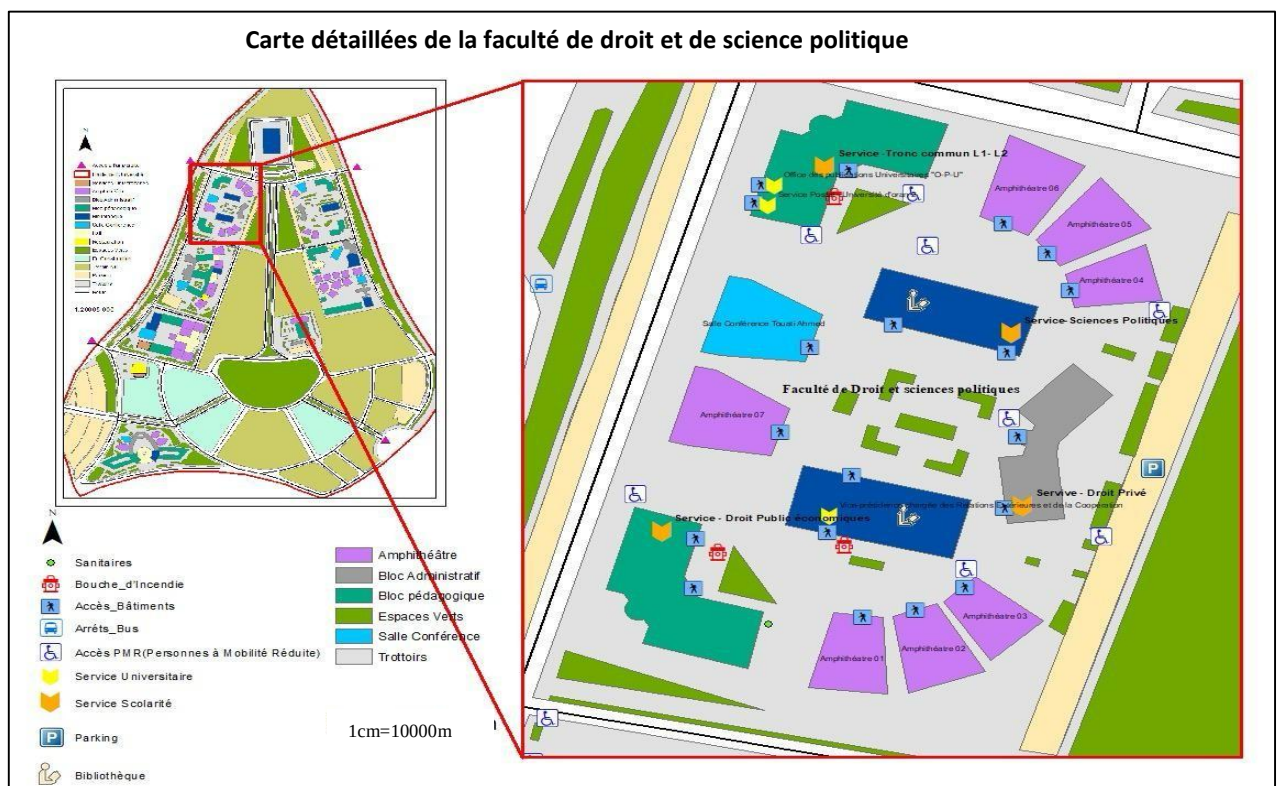


Figure 13: Carte détaillée de la Faculté de Droit et des Sciences Politiques (Université d'Oran 2)

✓ **Exploration détaillée d'une composante du campus : le cas de la Faculté de Droit**

Cette carte représente une vue détaillée de la Faculté de Droit et Sciences Politiques au sein du campus universitaire. Elle met en évidence la disposition des amphithéâtres, des blocs pédagogiques et administratifs, ainsi que les services universitaires (scolarité, tronc commun, etc.).

Les symboles permettent d'identifier facilement les sanitaires, parkings, accès PMR, arrêts de bus, et la bibliothèque. L'aménagement montre une bonne organisation de l'espace, avec des zones accessibles, des espaces verts et une signalisation claire.

5. Analyse spatiale multidimensionnelle du pôle universitaire de Belgaïd

Dans une perspective d'aménagement et de valorisation spatiale d'un campus universitaire, l'analyse spatiale permet d'examiner les relations entre les éléments géographiques, leur répartition, leur accessibilité, ainsi que les usages qu'ils induisent. Cette méthode repose sur des fondements théoriques reconnus en géographie et en géomatique. D'après Hansen (1959), l'accessibilité constitue un facteur structurant de l'organisation de l'espace urbain. (Lussault, 2007) insiste quant à lui sur l'importance d'une spatialisation cohérente et fonctionnelle des équipements. (Hall, 2000) soulignent que l'étude des espaces résiduels, tels que les friches, peut ouvrir des opportunités d'optimisation et de réutilisation du sol.

Dans ce contexte, notre étude du pôle universitaire de Belgaïd repose sur une série de traitements SIG, d'observations de terrain et d'interprétations spatiales selon plusieurs axes : mobilité, distribution des fonctions, occupation du sol et contraintes physiques. L'ensemble a permis de proposer une lecture critique de l'organisation actuelle du site et de formuler des pistes de réflexion pour l'amélioration de son aménagement.

➤ **Accessibilité et structure de la mobilité**

En nous basant à la fois sur l'observation du terrain et sur l'analyse SIG, nous avons constaté que le centre du campus bénéficie d'une très bonne accessibilité piétonne, tandis que les zones périphériques restent difficiles à atteindre. Ce constat a été renforcé par le

positionnement peu stratégique de certains arrêts de bus, que nous avons comparé à la densité des flux étudiants.

L'importance de l'accessibilité a été soulignée dès 1959 par Hansen, qui la définit comme un facteur déterminant dans la localisation des activités et des services. Cette situation nous a donc amenés à envisager l'intérêt d'un maillage plus équilibré des accès, en intégrant notamment des parcours adaptés aux PMR.(Orfeuil· 2010) , une mobilité équitable est au cœur d'un aménagement durable et inclusif.

➤ **Répartition des équipements et logiques spatiales**

La répartition spatiale des bâtiments révèle une structure fortement polarisée. En analysant la densité des équipements pédagogiques par rapport aux zones de services, nous avons noté un déséquilibre entre le centre, très dense, et les bordures du site, sous-exploitées. Cette configuration génère des points de congestion mais aussi des espaces sous-fréquentés.

Selon(Lussault· 2007) , une organisation spatiale efficace repose sur une répartition fonctionnelle cohérente, favorisant la diversité des usages et l'accessibilité. Nous avons donc envisagé plusieurs hypothèses d'aménagement visant à réduire la concentration des flux dans le noyau central tout en valorisant les marges du campus. Une meilleure dispersion fonctionnelle pourrait renforcer la cohérence spatiale et améliorer la circulation interne.

➤ **Occupation du sol et potentiels d'exploitation**

En classifiant manuellement les entités cartographiques (espaces bâtis, voiries, espaces verts et friches), nous avons pu produire une lecture critique de l'occupation du sol. Il en ressort une utilisation efficace au centre, mais des friches visibles en périphérie, notamment dans la partie sud-ouest.

D'après(Hall· 2000) , la revalorisation des vides urbains ou friches permet une reprogrammation efficace des espaces à faible rentabilité fonctionnelle. Ces zones non exploitées nous semblent donc stratégiques. Elles pourraient accueillir des extensions futures, ou bien être réaménagées en espaces de détente pour les étudiants. Ce type de lecture offre ainsi une base solide pour la programmation urbaine à moyen terme.

➤ **Contraintes physiques et limites d'aménagement**

En superposant les données physiques disponibles avec notre propre lecture du site, nous avons repéré plusieurs contraintes : ruptures de pente, obstacles physiques, clôtures bloquant

la continuité spatiale... Ces éléments, parfois négligés, peuvent avoir un impact direct sur la perception du campus par ses usagers.

Comme le souligne (Donadieu, 2006), l'intégration des caractéristiques paysagères et physiques dans les projets d'aménagement renforce la cohérence entre espace perçu et espace vécu. Nous recommandons ici une meilleure prise en compte de ces éléments dans les futurs projets d'aménagement, notamment par des études hydrologiques, une intégration paysagère cohérente, et une signalisation mieux pensée.

Conclusion : Cette analyse spatiale multi-critères, que nous avons construite à partir de données réelles, d'observations terrain et d'outils SIG, nous a permis de mieux cerner les forces et faiblesses du pôle universitaire de Belgaïd. Les résultats de ce travail ont directement nourri la conception de la carte interactive, dans le but de proposer un outil de lecture spatiale clair, dynamique et utile à l'ensemble des acteurs du site.

6. Conclusion

La conception et l'implémentation d'une carte interactive, couplée à une base de données géospatiale, constituent aujourd'hui un levier stratégique pour améliorer la gestion, l'accessibilité et la visualisation des espaces universitaires. À travers ce chapitre, nous avons mis en lumière les étapes techniques essentielles à la création d'un système Web-GIS fonctionnel, de la structuration des données dans une géodatabase jusqu'au déploiement d'une interface cartographique interactive. L'intégration de technologies telles qu'ArcGIS, Leaflet ou Mapbox permet de répondre à des besoins spécifiques de navigation, d'interrogation spatiale et de visualisation intuitive. En s'appuyant sur une architecture modulaire et des modèles conceptuels rigoureux, ce type de système offre une solution moderne, évolutive et utile aussi bien pour les utilisateurs finaux (étudiants, visiteurs) que pour les gestionnaires du campus. Ce travail s'inscrit ainsi dans une logique de transition numérique des infrastructures universitaires, plaçant l'intelligence spatiale au cœur de la transformation des services.

Chapitre IV :

Réalisation Cartographique & Intégration Web

1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la mise en œuvre concrète du projet à travers la réalisation de cartes interactives et leur intégration sur une plateforme web. Après avoir collecté, structuré et organisé les données spatiales relatives à la zone d'étude, nous avons procédé à leur représentation cartographique à l'aide du logiciel ArcGIS. L'objectif est de rendre l'information géographique accessible, lisible et exploitable à travers des cartes dynamiques et interactives.

Pour ce faire, nous avons utilisé l'application ArcGIS Instant Apps (modèle Sidebar) qui permet de publier des cartes en ligne avec une interface intuitive, des outils de recherche, des filtres, des légendes dynamiques et une navigation fluide. Ce site, accessible via le lien suivant :

1.1. Étapes de création et de publication d'une carte interactive sur ArcGIS Online

Ce projet a été réalisé en suivant une série d'étapes structurées, depuis le traitement initial des données géographiques sur « ArcGIS Map », jusqu'à leur conversion, mise en ligne et personnalisation via la plateforme « ArcGIS Online » à l'aide du modèle « Sidebar ».

-Analyse des formats pris en charge par ArcGIS Online

Lors de la tentative de téléversement de couches sur ArcGIS Online, nous avons constaté que la plateforme ne prend en charge que trois formats principaux :

- CSV : destiné uniquement aux points.
- KML : testé mais incomplet (certaines données étaient manquantes).
- GeoJSON : le format le plus adapté aux lignes et aux polygones.
- Le choix s'est donc porté sur le format « GeoJSON » pour garantir une compatibilité optimale.

-Exportation des couches depuis ArcGIS Map vers Shapefile

Étant donné qu'ArcGIS Map ne permet pas l'export direct vers GeoJSON :

Nous avons d'abord converti les couches du format `.mdb` vers le format `.shp` (Shapefile).

Depuis le Table of Contents :

- Clic droit sur la couche > Data > Export Data.
- Choix du format d'enregistrement : Shapefile.
- Plusieurs fichiers sont générés : `.shp`, `.shx`, `.dbf`, `.prj`.

-Compression des fichiers de couche

Tous les fichiers liés à une même couche ont été rassemblés dans un même dossier.

Le dossier a ensuite été compressé au format `.zip` via :

Clic droit > Envoyer vers > Dossier compressé (.zip)

-Conversion Shapefile a GeoJSON via Mapshaper

La conversion en format GeoJSON a été effectuée à l'aide du site [<https://mapshaper.org>]:

- Téléversement de tous les fichiers de la couche : `.shp`, `.shx`, `.dbf`, `.prj`.
- Une fois le traitement terminé : Export > GeoJSON - Enregistrement du fichier généré sur l'ordinateur.

-Import du fichier GeoJSON sur ArcGIS Online

Connexion au compte via

[<https://www.arcgis.com>]

Accès à :

Contenu (Content) > Ajouter un élément (Add Item) > Depuis votre ordinateur (From your computer)

Téléversement du fichier « geojson ».

Ouverture de la couche dans « Map Viewer

» Une fois le fichier importé :

Ouvrir dans « Map Viewer » Possibilités :

- Modifier les symboles, couleurs.
- Activer les fenêtres contextuelles (Pop-ups).
- Renommer les couches.

-Personnalisation avec le modèle « Sidebar »

Le modèle « Sidebar » de la galerie ArcGIS Instant Apps a été choisi pour sa présentation claire, sa prise en charge du contenu descriptif, et son adaptation parfaite au projet universitaire.

1.2. Étapes de personnalisation

-Création de l'application : Créer une application _ Instant Apps _ Sidebar -

Configuration du panneau latéral :

Ajout d'un titre et d'une description du projet.

Organisation du texte en sections (introduction, objectifs, instructions...).

-Activation des outils d'assistance :

Recherche géographique.

Légende interactive.

Contrôle des couches.

-Paramétrage des Pop-ups :

Informations affichées au clic sur un bâtiment ou une entité.

-Amélioration de l'interface :

Traduction complète en arabe.

Ajustement des couleurs, typographie et icônes.

-Publication et diffusion de la carte

2. Présentation de l'interface principale et des fonctionnalités du site

➤ L'interface principale du site interactif

Cette image montre l'interface principale du site de la carte interactive de l'Université d'Oran 2.

Sur le côté gauche, une barre d'outils contient plusieurs fonctions telles que : la légende, le changement du fond de carte, les géosignets, la section « Détails » qui présente brièvement les objectifs et les avantages de la carte, les couches, et les informations.

La carte s'affiche au centre avec des symboles interactifs indiquant les emplacements des facultés et des services (comme la bibliothèque, le restaurant, le secrétariat...), avec

des étiquettes bilingues ,Des outils de zoom, de mesure et des informations sur la source géographique sont également disponibles.



Figure 14: Montre l'interface principale du site interactif.

➤ « Légende » pour afficher les symboles cartographiques

Cette section affiche tous les symboles utilisés sur la carte, permettant aux utilisateurs de comprendre la signification des éléments et d'identifier les types d'infrastructures

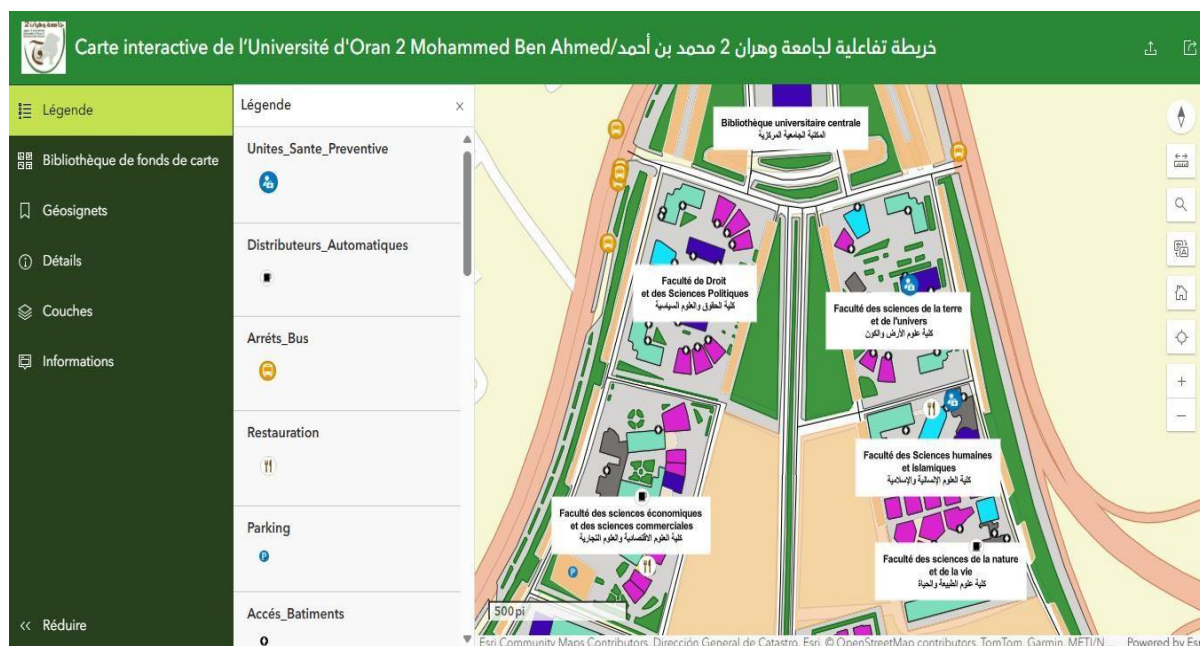


Figure 15: Représente la fonction « Légende » pour afficher les symboles cartographiques.

Affichage des symboles et icônes : la légende interactive »

➤ La fonction de changement de fond de carte (Bibliothèque de fonds de carte)

cette fonctionnalité permet à l'utilisateur de sélectionner le style de fond qui correspond le mieux à ses besoins et à son contexte. Cela améliore l'expérience utilisateur en rendant la carte plus claire, esthétique et adaptée à chaque type d'utilisation.

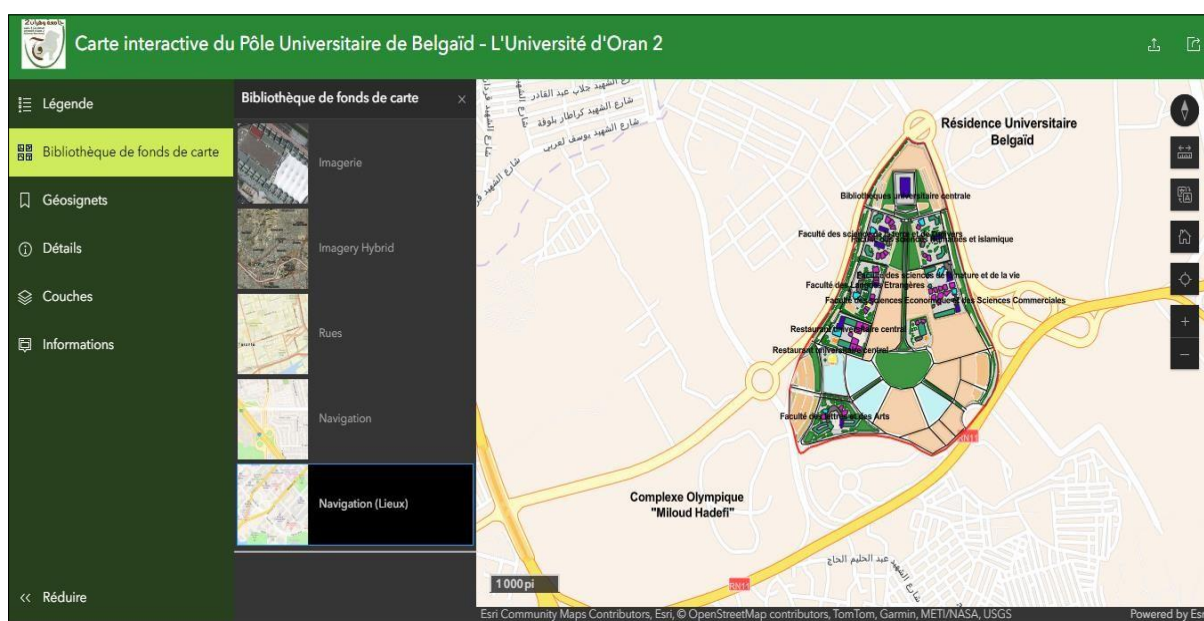


Figure 16: Montre la fonction de changement de fond de carte (Bibliothèque de fonds de carte).

➤ La fonction « Géosignets » pour un accès rapide aux lieux

Cette fonction propose une liste des facultés et des services ; en cliquant sur un nom, l'utilisateur est automatiquement dirigé vers l'emplacement correspondant sur la carte.

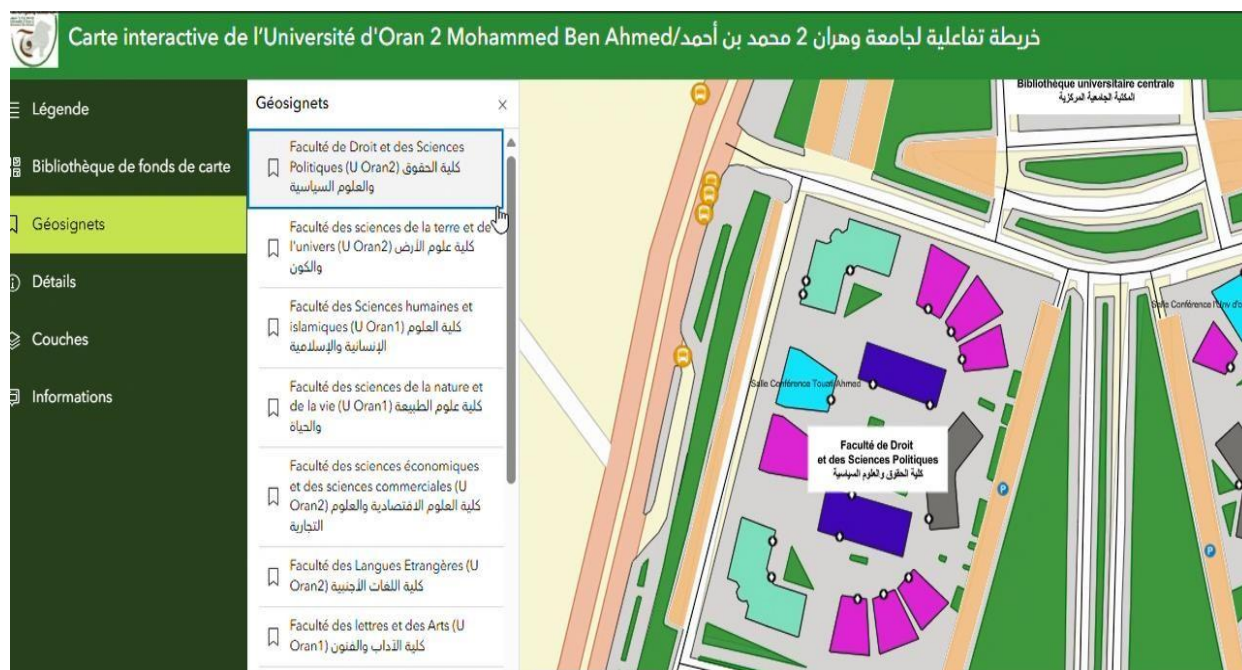


Figure 17: Illustre la fonction « Géosignets » pour un accès rapide aux lieux

➤ L'outil de contrôle des couches

Cet outil permet à l'utilisateur d'afficher ou de masquer certaines couches géographiques selon ses besoins, telles que les distributeurs automatiques, les parkings ou les arrêts de bus.



Figure 18: Montre l'outil de contrôle des

➤ L'affichage d'informations lors du clic sur un élément

En cliquant sur un élément de la carte, une fenêtre apparaît avec des informations détaillées telles que le nom du bâtiment et sa fonction.

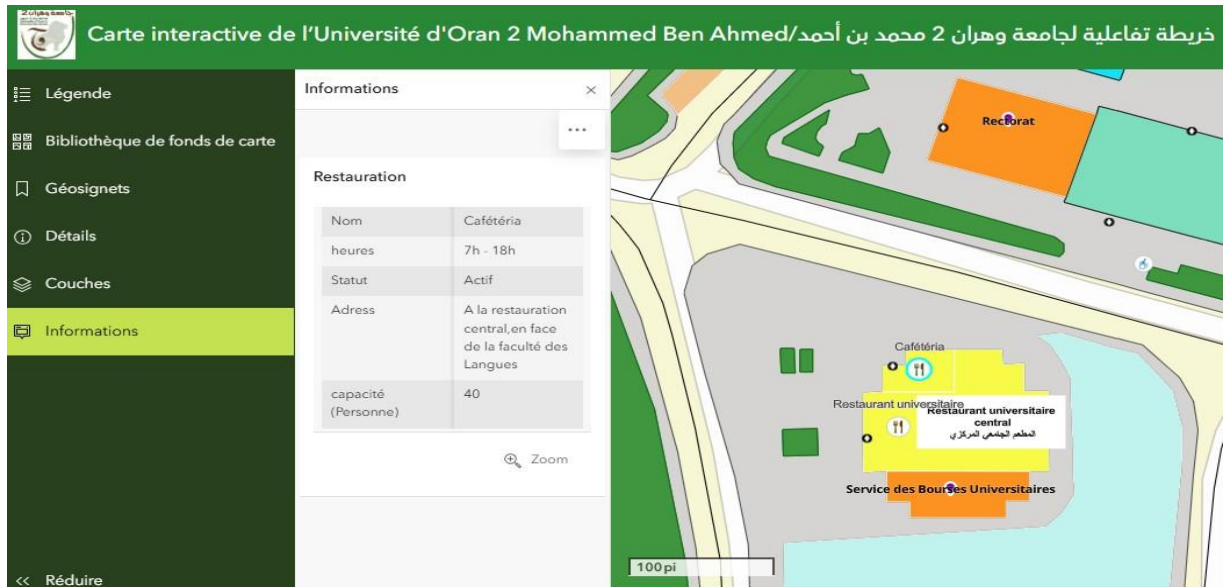


Figure 19: Représente l'affichage d'informations lors du clic sur un élément

3. Fonctionnalités de la carte interactive

La carte interactive propose plusieurs fonctionnalités destinées à améliorer l'expérience utilisateur :

- Localisation des amphithéâtres : chaque entité est géolocalisée et représentée par un polygone.
- Affichage des attributs : en cliquant sur un amphithéâtre, les informations apparaissent sous forme d'infobulle (Nom, Faculté, Surface, Coordonnées...).
- Navigation fluide : zoom, dézoom et déplacement sur la carte.
- Interface personnalisée : avec une barre latérale de navigation claire et intuitive.
- Filtrage thématique : possibilité d'afficher uniquement certains amphithéâtres selon la faculté.

- Consultation multiplateforme : le site est accessible depuis un navigateur, aussi bien sur PC que sur mobile.

Catégorie	Description
Localisation des amphithéâtres	Chaque amphithéâtre est géolocalisé et représenté par un polygone sur la carte.
Affichage des attributs	En cliquant sur un amphithéâtre, une infobulle affiche les informations (Nom, Faculté, Surface, Coordonnées, etc.).
Navigation fluide Filtrage thématique	Zoom, dézoom et déplacement fluides sur la carte. Possibilité d’afficher uniquement certains amphithéâtres selon la faculté.
Consultation multiplateforme	Accessibilité depuis un navigateur, sur PC et mobile.
Outil de recherche	Permet de localiser un amphithéâtre par son nom.
Légende dynamique	Indique les éléments visibles sur la carte.

Tableau 6:Options et outils du site

Mise à jour des données de la carte interactive

La mise à jour régulière des données sur la carte interactive est essentielle pour garantir l'exactitude et la pertinence des informations affichées concernant le pôle universitaire. Le système mis en place via la plateforme ArcGIS Online permet d'effectuer certains types de modifications directement en ligne, tandis que d'autres nécessitent une intervention à l'aide du logiciel de bureau ArcMap.

Mises à jour réalisables directement sur ArcGIS Online :

Les utilisateurs disposant d'un accès administrateur peuvent effectuer les actions suivantes depuis l'interface web :

- Ajouter, modifier ou supprimer des entités (points, lignes, polygones) dans les couches existantes.
- Modifier les attributs des entités (ex. : noms, descriptions, catégories).
- Ajuster la symbologie, l'ordre des couches, les couleurs ou les paramètres d'affichage.
- Gérer les autorisations de partage et les paramètres d'interaction avec la carte.

Ces modifications sont enregistrées automatiquement et visibles en temps réel sur la carte.

Mises à jour nécessitant l'utilisation de ArcMap :

Certaines opérations ne peuvent pas être effectuées directement sur ArcGIS Online. Elles nécessitent l'utilisation de ArcMap, notamment pour :

- Créer une nouvelle couche avec une structure de données personnalisée.
- Ajouter ou supprimer des champs dans une table attributaire.
- Modifier le type ou la structure des données d'une couche existante.
- Effectuer des analyses spatiales complexes ou établir des relations entre les tables.
- Fusionner ou diviser des couches, ou construire un modèle de réseau

Dans ces cas, les étapes à suivre sont les suivantes :

1. Ouvrir le projet dans ArcMap.
2. Apporter les modifications localement.
3. Publier ou mettre à jour la couche sur ArcGIS Online.

4. Exemple du questionnaire utilisé dans l'enquête

Questionnaire sur la carte interactive de l'Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Cette carte numérique offre une interface facile à utiliser, permettant aux étudiants et visiteurs d'explorer les infrastructures de l'université, de localiser les facultés et les services, et d'obtenir des informations utiles à leur sujet. Elle contribue ainsi à améliorer l'expérience de déplacement au sein du pôle universitaire de Belgaïd .

Scannez le code QR ci-Dessous pour accéder à la carte interactive de l'université



Questionnaire d'évaluation de la carte interactive du campus

Statut : ☐ Étudiant(e) ☐ Personnel / Agent ☐ Visiteur

1. La carte interactive est-Elle facile à utiliser ? ☐ Oui ☐ Non
2. Quel est, selon vous, la fonctionnalité la plus utile ? ☐ Localisation des bâtiments ☐ Informations pratiques (services, horaires...) ☐ Accessibilité (accès PMR, transports...) ☐ Autre :
3. Avez-Vous rencontré des difficultés pour utiliser la carte ? ☐ Oui ☐ Non Si oui, précisez :
4. Les symboles et icônes sont-Ils clairs et compréhensibles ? ☐ Oui ☐ Non Détails (si Nécessaire) :
5. Les informations présentes sur la carte sont-Elles suffisantes ? ☐ Oui ☐ Non ☐ À peu près
6. Vos suggestions d'amélioration :

Figure 20: Modèle du questionnaire destiné aux utilisateurs de la carte interactive

5. Retour sur l'Utilité du Site et de la Carte Interactive :

Les résultats de l'enquête montrent que la majorité des étudiants ont aimé le design du site et son idée. Ils l'ont trouvé utile, surtout pour localiser les bâtiments ou chercher des informations importantes. La carte donne aussi une vue générale sur l'environnement universitaire, ses espaces et ses différents lieux.

D'un autre côté, certains étudiants ont suggéré d'ajouter plus d'informations, surtout sur les moyens de transport. Environ 90 % des participants ont insisté sur l'importance de localiser les arrêts de bus et les destinations desservies, car c'est une information qu'ils trouvent très nécessaire.

Ils ont aussi proposé d'ajouter l'emplacement des mémoires de fin d'études dans les bibliothèques des facultés, pour faciliter leur accès.

6. Perspectives futures du projet

Amélioration fonctionnelle et ergonomique

- Ajout de nouvelles couches de données : cafés, distributeurs, espaces de repos, toilettes, salles d'étude disponibles en temps réel.
- Navigation GPS indoor (intérieur des bâtiments) pour aider les nouveaux étudiants et visiteurs.
- Accessibilité améliorée : adapter l'interface aux personnes en situation de handicap (voix, contraste, langue des signes...).
- Optimisation mobile : transformer la carte en application mobile légère, consultable hors ligne.

Intégration de l'intelligence artificielle

- Chabot de guidage : un assistant vocal ou textuel qui guide les utilisateurs en temps réel dans le campus.
- Personnalisation intelligente : affichage du parcours en fonction du profil (étudiant, enseignant, invité...).

Connexion avec les services universitaires

- Lier la carte avec :
- Les emplois du temps, les réservations de salles, les événements culturels et pédagogiques, ou les alertes en cas d'urgence (sécurité, évacuation...).

Dimension participative

- Intégrer un système de signalement collaboratif (ex : lieu fermé, travaux, problème technique).
- Offrir la possibilité aux étudiants de proposer eux-mêmes des lieux à ajouter.

Portée interuniversitaire

- Étendre le projet à d'autres campus ou villes universitaires dans le pays.
- Développer une carte nationale des universités algériennes connectée et interactive.

Perspectives artistiques :

- Créer des représentations artistiques ou poétiques du campus selon les saisons, les flux d'étudiants, les émotions...
- Intégrer des visualisations immersives en 3D ou en réalité augmentée (RA).

Valorisation académique et professionnelle

- Publication d'un article scientifique ou poster de conférence pour présenter la méthodologie.
- Proposition du projet à des concours d'innovation étudiante ou des bourses de stage à l'étranger (ex : Mitacs, Erasmus+, Hub d'innovation).

7. Conclusion

Ce chapitre a permis de démontrer concrètement comment la géomatique, combinée aux outils numériques modernes comme ArcGIS Instant Apps, peut transformer des données spatiales complexes en outils interactifs accessibles et intuitifs. La carte web développée constitue une solution innovante pour améliorer la lisibilité et la gestion des espaces universitaires, tout en répondant aux besoins des usagers à travers une interface claire, dynamique et responsive.

L'analyse détaillée des fonctionnalités du site (géosignets, couches, légende, détails, etc.) a mis en évidence la richesse des outils disponibles pour faciliter l'exploration et la compréhension de l'environnement universitaire. Les retours des étudiants ont confirmé la pertinence et l'utilité de cette application, tout en suggérant des pistes d'amélioration

futures axées sur l'accessibilité, la mobilité, et l'interconnexion avec les services universitaires.

Cette réalisation constitue ainsi une première étape vers une gestion plus intelligente et participative du campus. Les perspectives envisagées — qu'elles soient fonctionnelles, technologiques, participatives ou artistiques — ouvrent la voie à une extension du projet à d'autres contextes universitaires, et renforcent son potentiel en tant qu'outil académique, citoyen et professionnel à fort impact.

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était de concevoir et de mettre en œuvre une base de données spatiale intégrée à une interface de navigation Web, afin d'améliorer la gestion du pôle universitaire de Belgaïd et d'optimiser la mobilité des usagers au sein de l'Université d'Oran 2

Dans le Chapitre I, nous avons posé les bases théoriques indispensables à la compréhension du projet. Ce cadre conceptuel a permis de clarifier les notions clés telles que la base de données spatiale, le système d'information géographique, la géolocalisation, ou encore la cartographie interactive. Nous avons également mis en lumière l'importance croissante de la numérisation des cartes universitaires et exploré des solutions innovantes comme Nubart et Edusign.

Le Chapitre II a été consacré à la méthodologie. À travers une étude comparative des cartes de navigation développées dans plusieurs universités internationales (France, Canada, Japon, États-Unis...), nous avons identifié les bonnes pratiques et les limites des systèmes existants. Nous avons aussi analysé la situation actuelle en Algérie, mettant en évidence le manque d'initiatives numériques dans les campus et la nécessité urgente de développer des solutions locales adaptées.

Dans le Chapitre III, nous avons détaillé les caractéristiques fonctionnelles des bases de données spatiales et les étapes clés pour concevoir une carte interactive. De la structuration des données à leur intégration sur une plateforme web, ce chapitre a mis en évidence les choix technologiques, les outils mobilisés (comme ArcGIS), ainsi que les modèles conceptuels développés (MCD, architecture du système...).

Le Chapitre IV a présenté la phase concrète de réalisation du projet. Grâce à l'application ArcGIS Instant Apps – modèle Sidebar, nous avons développé une carte interactive du campus de l'Université de Belgaïd intégrant plusieurs fonctionnalités : géolocalisation des amphithéâtres, affichage des attributs, filtres thématiques, géosignets, légende dynamique, couches personnalisables, etc. Une enquête menée auprès des étudiants a permis de valider

l'utilité du dispositif, tout en identifiant des axes d'amélioration : ajout d'informations sur les transports, les services ou encore les mémoires de fin d'études.

En somme, ce projet a permis de démontrer que les technologies SIG peuvent apporter des solutions concrètes aux enjeux d'orientation, de gestion de l'espace et de diffusion de l'information dans un environnement universitaire. Il constitue un prototype fonctionnel, évolutif et reproductible, pouvant être déployé dans d'autres établissements à l'échelle locale ou nationale.

Les perspectives futures identifiées qu'elles soient techniques, ergonomiques, participatives, ou artistiques offrent un fort potentiel d'innovation. De plus, la valorisation académique du projet, notamment à travers des publications, des concours ou des stages à l'international, ouvre des opportunités prometteuses pour son développement ultérieur.

Enfin, notre carte interactive a été présentée au niveau du centre de calcul de l'université, où elle a été évaluée et analysée. Cette démarche a permis de corriger certaines erreurs et d'améliorer l'outil. Les responsables ont exprimé leur volonté d'intégrer officiellement notre carte interactive dans le site web de l'université, ce qui constitue une reconnaissance importante de la qualité et de l'utilité de notre travail.

Références bibliographiques

- Burrough, P. &. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Delling, D. S. (2009). *Algorithm engineering*. Springer.
- Donadieu, P. (2006). *Campagnes urbaines*. Éditions de l'Aube.
- Edusign. (n.d.). *Présentation de la solution*. Retrieved from <https://edusign.com/fr/>
- Fu, P. &. (2011). *Web GIS: Principles and Applications*. ESRI Press.
- Goldberg, D. W. (2007). An Evaluation Framework for Geocoding. *International Journal of Health Geographics*, pp. 1–14.
- Hall, P. &. (2000). *Urban Future 21: A Global Agenda for Twenty-First Century Cities*. Routledge.
- Kaplan, E. &. (2005). *Understanding GPS: Principles and Applications*. Artech House.
- Laurini, R. &. (1992). *Fundamentals of Spatial Information Systems*. Academic Press.
- Laval, U. (2024). *DéambUL – L'application mobile de navigation sur le campus*. Retrieved from <https://www.ulaval.ca>
- Lussault, M. (2007). *L'homme spatial*. Paris: Seuil.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. Guilford Press.
- Misra, P. &. (2011). *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*. Ganga-Jamuna Press.
- Nubart. (sans date). *Audio guides sans appli ni internet*. Retrieved from <https://www.nubart.eu/audio-guides/index.html>
- OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. (2008). *IEEE Pervasive Computing*.
- Orfeuill, J. (2010). *La mobilité : nouvelles approches, nouveaux enjeux*. Presses de l'ENPC.
- Peterson, M. P. (2014). *Mapping in the Cloud*. Guilford Press.
- Peterson, M. P. (2014). *Mapping in the Cloud*. Guilford Press.
- Plans d'accès interactifs des campus*. (2024). Retrieved from Université de Bordeaux: <https://www.u-bordeaux.fr/campus/plans-d-acces>
- Plans des campus et application de géolocalisation*. (2024). Retrieved from Université de Bretagne Occidentale: <https://www.univ-brest.fr/fr/page/plans-des-campus>
- Shekhar, S. &. (2003). *Spatial Databases: A Tour*. Prentice Hall.

- Tokyo, U. o. (n.d.). *Interactive Campus Map*. Retrieved from <https://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap>
- Tomlin, D. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall.
- Toronto, U. o. (n.d.). Retrieved from Campus Maps: <https://map.utoronto.ca>
- University, H. (n.d.). *Campus Map*. Retrieved from <https://map.harvard.edu>
- University, P. (n.d.). *Campus Map*. Retrieved from <https://www.purdue.edu/campus-map>
- Benali, A. (2016). Géodatabase et gestion des données spatiales. *Thèse de doctorat*. Université de Tlemcen.
- Benyahia, A. (2020). Urbain Mobility and accessibility in Algerian Universités. *Thèse de doctorat*. Université d'Alger.
- Chouiref, M. (2015). Base de données spatiales : concepts et applications. *Thèse de doctorat*. Béjaia.
- Lefèvre, P. (2012). Navigation et Systèmes d'information géographique. *Thèse de doctorat*. Université de Nantes.
- Martin, S. (2014). Gestion des sites et systèmes d'information géographique. *Mémoire de Master*. Université de Lyon 2.
- Thill, J.-C. (2010). Systèmes d'information géographique : Principes et applications. *Mémoire de master* Université de paris 1 Panthéon-Sorbonne.