

Introduction à la programmation SIG

Un guide pratique de Python pour
les outils géospatiaux open source

Qiusheng Wu



Introduction à la programmation SIG

Un guide pratique de Python pour les outils
géospatiaux open source

Qiusheng Wu
2025

Contents

Préface	1
Introduction	3
À qui s'adresse ce livre	3
Ce que couvre ce livre	4
Tirer le meilleur parti de ce livre	5
Conventions utilisées dans ce livre	6
Télécharger les exemples de code	6
Tutoriels vidéo	7
Prendre contact	7
Remerciements	7
À propos de l'auteur	8
Licence et Copyright	9
I: Installation des logiciels	11
1. <i>Aperçu des outils logiciels</i>	13
1.1. Introduction	13
1.2. Objectifs d'apprentissage	13
1.3. Outils logiciels essentiels	13
1.4. Intégration des outils et flux de travail	15
1.5. Exécuter les exemples de code	16
1.6. Points clés à retenir	16
2. <i>Introduction à la gestion de paquets Python</i>	17
2.1. Introduction	17
2.2. Objectifs d'apprentissage	17
2.3. Installation de Conda (Miniconda)	18
2.4. Comprendre les concepts de Conda	19
2.5. Créer votre premier environnement géospatial	20
2.6. Dépannage de Conda	21
2.7. Commandes essentielles de Conda	22
2.8. Introduction à uv : L'alternative rapide	26
2.9. Meilleures pratiques pour la gestion des paquets	27
2.10. Points clés à retenir	28
2.11. Exercices	28
3. <i>Configuration de Visual Studio Code</i>	30
3.1. Introduction	30
3.2. Objectifs d'apprentissage	30
3.3. Installation de Visual Studio Code	31
3.4. Extensions essentielles pour la programmation Python	31
3.5. Configuration de VS Code pour le développement Python	33
3.6. Raccourcis clavier essentiels	35
3.7. Références et apprentissage supplémentaire	36
3.8. Points clés à retenir	37
3.9. Exercices	37
4. <i>Contrôle de version avec Git</i>	39
4.1. Introduction	39
4.2. Objectifs d'apprentissage	40
4.3. Configuration du compte GitHub	40

4.4. Installation de Git	40
4.5. Configuration de Git	41
4.6. Comprendre les concepts Git	41
4.7. Commandes Git essentielles	42
4.8. Utiliser GitHub	45
4.9. Intégration avec VS Code	46
4.10. Meilleures pratiques pour les projets géospatiaux	46
4.11. Points clés à retenir	47
4.12. Exercices	48
5. Utilisation de Google Colab	50
5.1. Introduction	50
5.2. Objectifs d'apprentissage	50
5.3. Commencer avec Google Colab	50
5.4. Configuration de votre environnement géospatial	52
5.5. Fonctionnalités essentielles de Colab	53
5.6. Exécuter les exemples de code dans Colab	54
5.7. Points clés à retenir	55
5.8. Exercices	55
6. Travailler avec JupyterLab	57
6.1. Introduction	57
6.2. Objectifs d'apprentissage	57
6.3. Installation et configuration de JupyterLab	57
6.4. Commencer avec JupyterLab	58
6.5. Raccourcis clavier essentiels	61
6.6. Exécuter les exemples de code sur MyBinder	63
6.7. Points clés à retenir	63
6.8. Exercices	64
7. Utilisation de Docker	66
7.1. Introduction	66
7.2. Objectifs d'apprentissage	66
7.3. Installation de Docker Desktop	66
7.4. Concepts de base	68
7.5. Exécuter les exemples de code dans Docker	68
7.6. Commandes Docker courantes	69
7.7. Points clés à retenir	71
7.8. Exercices	71
II: Notions fondamentales de programmation en Pythonc	73
8. Variables et types de données	75
8.1. Introduction	75
8.2. Objectifs d'Apprentissage	75
8.3. Variables en Python	75
8.4. Nommage des Variables	76
8.5. Types de Données	77
8.6. Caractères d'Échappement	78
8.7. Commentaires en Python	79
8.8. Travail avec les Variables et les Types de Données	79
8.9. Opérations de Base sur les Chaînes	79
8.10. Points Clés à Retenir	80

8.11. Exercices	81
9. Structures de données Python	82
9.1. Introduction	82
9.2. Objectifs d'Apprentissage	82
9.3. Tuples	82
9.4. Listes	83
9.5. Ensembles	86
9.6. Dictionnaires	88
9.7. Guide de Sélection des Structures de Données	91
9.8. Points Clés à Retenir	92
9.9. Exercices	92
10. Opérations sur les chaînes de caractères	95
10.1. Introduction	95
10.2. Objectifs d'Apprentissage	95
10.3. Création et Manipulation des Chaînes	95
10.4. Méthodes de Chaînes pour les Données Géospatiales	98
10.5. Formatage de Chaînes	100
10.6. Guide de Décision des Opérations sur les Chaînes	103
10.7. Points Clés à Retenir	104
10.8. Exercices	104
11. Boucles et instructions conditionnelles	106
11.1. Introduction	106
11.2. Objectifs d'Apprentissage	106
11.3. Boucles For	106
11.4. Boucles While	108
11.5. Déclarations de Contrôle : Prendre des Décisions dans Votre Code	109
11.6. Combiner les Boucles et les Déclarations de Contrôle	111
11.7. Guide de Décision pour les Boucles et Déclarations de Contrôle	113
11.8. Points Clés à Retenir	113
11.9. Exercices	114
12. Fonctions et classes	116
12.1. Introduction	116
12.2. Objectifs d'Apprentissage	116
12.3. Fonctions : Construction de Blocs de Code Réutilisables	116
12.4. Classes : Organiser les Données et le Comportement Ensemble	122
12.5. Combiner Fonctions et Classes	124
12.6. Directives de Conception de Fonctions et Classes	124
12.7. Points Clés à Retenir	125
12.8. Exercices	125
13. Travailler avec les fichiers	127
13.1. Introduction	127
13.2. Objectifs d'Apprentissage	127
13.3. Création d'un Fichier d'Exemple	127
13.4. Lecture et Écriture de Fichiers	128
13.5. Gestion des Exceptions	130
13.6. Combiner la Gestion de Fichiers et la Gestion d'Exceptions	131
13.7. Travailler avec Différents Formats de Fichiers	133
13.8. Points Clés à Retenir	135

13.9. Exercices	135
14. Analyse de données avec NumPy et Pandas	138
14.1. Introduction	138
14.2. Objectifs d'Apprentissage	138
14.3. Introduction à NumPy	139
14.4. Introduction à Pandas	149
14.5. Combinaison de NumPy et Pandas	157
14.6. Points Clés à Retenir	158
14.7. Lectures Complémentaires	158
14.8. Exercices	159
III: Programmation géospatiale avec Python	161
15. Introduction à Python géospatial	163
15.1. Introduction	163
15.2. L'écosystème Python géospatial	163
15.3. Comprendre les relations entre bibliothèques	164
15.4. Configuration de votre environnement	164
15.5. Vérification et premiers pas	166
15.6. Parcours d'apprentissage et aperçu des chapitres	166
15.7. Concepts clés à retenir	167
15.8. Obtenir de l'aide et ressources	168
15.9. Prochaines étapes	168
15.10. Exercices	168
16. Analyse de données vectorielles avec GeoPandas	170
16.1. Introduction	170
16.2. Objectifs d'apprentissage	170
16.3. Concepts fondamentaux	171
16.4. Installation de GeoPandas	171
16.5. Création de GeoDataFrames	171
16.6. Lecture et écriture de données géospatiales	172
16.7. Projections et systèmes de référence de coordonnées (SRC)	174
16.8. Mesures spatiales et analyse	175
16.9. Visualisation de données géospatiales	178
16.10. Opérations géométriques avancées	182
16.11. Relations spatiales et requêtes	186
16.12. Meilleures pratiques et considérations de performance	187
16.13. Points clés à retenir	187
16.14. Exercices	188
17. Travailler avec les données raster en utilisant Rasterio	189
17.1. Introduction	189
17.2. Objectifs d'apprentissage	189
17.3. Installation de Rasterio	190
17.4. Lecture de données raster	190
17.5. Visualisation de données raster	193
17.6. Accès et manipulation des bandes raster	201
17.7. Écriture de données raster	203
17.8. Découpage de données raster	204
17.9. Points clés à retenir	207
17.10. Exercices	207

18. Analyse de données multidimensionnelles avec Xarray	210
18.1. Introduction	210
18.2. Objectifs d'apprentissage	210
18.3. Comprendre le modèle de données d'Xarray	211
18.4. Configuration de votre environnement	212
18.5. Chargement et exploration de données climatiques réelles	213
18.6. Travailler avec les DataArrays	214
18.7. Sélection et indexation de données intuitives	216
18.8. Effectuer des opérations sur des données multidimensionnelles	217
18.9. Visualisation de données avec Xarray	219
18.10. Travailler avec les Datasets : Variables multiples	222
18.11. La puissance des opérations basées sur les étiquettes	223
18.12. Techniques d'indexation avancées	224
18.13. Opérations computationnelles de haut niveau	225
18.14. Entrée et sortie de données	229
18.15. Points clés à retenir	230
18.16. Lecture supplémentaire	230
18.17. Exercices	230
19. Analyse raster avec Rioxarray	233
19.1. Introduction	233
19.2. Objectifs d'apprentissage	233
19.3. Configuration de votre environnement Rioxarray	234
19.4. Chargement et exploration de données raster géoréférencées	234
19.5. Opérations géospatiales fondamentales	237
19.6. Travailler avec les dimensions spatiales et la résolution	239
19.7. Visualisation de données raster géospatiales	241
19.8. Stockage de données et gestion de fichiers	244
19.9. Comparaisons de systèmes de coordonnées	246
19.10. Introduction aux mathématiques de bande	248
19.11. Points clés à retenir	252
19.12. Exercices	252
20. Visualisation interactive avec Leafmap	255
20.1. Introduction	255
20.2. Objectifs d'apprentissage	256
20.3. Installation et configuration de Leafmap	256
20.4. Créer des cartes interactives	257
20.5. Changer les fonds de carte	260
20.6. Visualiser les données vectorielles	265
20.7. Créer des cartes choroplèthes	270
20.8. Visualiser les données GeoParquet	272
20.9. Visualiser les PMTiles	274
20.10. Visualiser les données raster	278
20.11. Accéder et visualiser les données ouvertes Maxar	285
20.12. Points clés à retenir	291
20.13. Exercices	292
21. Géotraitements avec WhiteboxTools	295
21.1. Introduction	295
21.2. Objectifs d'apprentissage	295

21.3. Pourquoi Whitebox ?	296
21.4. Ressources utiles pour Whitebox	297
21.5. Installation de Whitebox	298
21.6. Analyse des bassins versants	298
21.7. Analyse des données LiDAR	312
21.8. Points clés à retenir	320
21.9. Exercices	321
22. Cartographie 3D avec MapLibre	324
22.1. Introduction	324
22.2. Objectifs d'apprentissage	324
22.3. Ressources utiles	324
22.4. Installation et configuration	324
22.5. Création de cartes interactives	325
22.6. Ajout de contrôles de carte	326
22.7. Ajout de couches	329
22.8. Utilisation de MapTiler	331
22.9. Cartographie 3D	332
22.10. Visualisation de données vectorielles	339
22.11. Visualisation de données raster	349
22.12. Ajout de composants personnalisés	351
22.13. Visualisation de PMTiles	358
22.14. Ajout de couches DeckGL	363
22.15. Exportation vers HTML	366
22.16. Points clés à retenir	367
22.17. Exercices	367
23. Informatique en nuage avec Earth Engine et Geemap	369
23.1. Introduction	369
23.2. Objectifs d'apprentissage	369
23.3. Introduction à Google Earth Engine	369
23.4. Introduction aux cartes interactives et outils	372
23.5. Le catalogue de données Earth Engine	378
23.6. Types de données Earth Engine	380
23.7. Données raster Earth Engine	380
23.8. Données vectorielles Earth Engine	383
23.9. Plus d'outils pour visualiser les données Earth Engine	385
23.10. Traitement de données vectorielles	395
23.11. Traitement de données raster	397
23.12. Exportation de données Earth Engine	404
23.13. Création d'animations timelapse	406
23.14. Graphiques de données Earth Engine	412
23.15. Points clés à retenir	442
23.16. Exercices	443
24. Visualisation de données hyperspectrales avec HyperCoast	445
24.1. Introduction	445
24.2. Objectifs d'apprentissage	445
24.3. Configuration de l'environnement	446
24.4. Recherche de données hyperspectrales	446
24.5. Téléchargement de données hyperspectrales	449

24.6. Lecture de données hyperspectrales	449
24.7. Visualisation de données hyperspectrales	450
24.8. Création de cubes d'images	451
24.9. Découpage interactif	453
24.10. Seuillage interactif	454
24.11. Points clés à retenir	455
24.12. Exercices	456
25. Analyses géospatiales hautes performances avec DuckDB	458
25.1. Introduction	458
25.2. Objectifs d'apprentissage	459
25.3. Installation et configuration	459
25.4. Bases de SQL pour l'analyse spatiale	461
25.5. Intégration de l'API Python	466
25.6. Importation de données	468
25.7. Exportation de données	472
25.8. Travailler avec les géométries	474
25.9. Relations spatiales	478
25.10. Jointures spatiales	480
25.11. Analyse de données à grande échelle	483
25.12. Points clés à retenir	490
25.13. Exercices	491
26. Traitement de données géospatiales avec GDAL et OGR	495
26.1. Introduction	495
26.2. Objectifs d'apprentissage	496
26.3. Installation et configuration	496
26.4. Jeux de données d'exemple	496
26.5. Comprendre vos données	497
26.6. Transformation de coordonnées	498
26.7. Conversion de format	498
26.8. Découpage et masquage	499
26.9. Analyse et calculs raster	500
26.10. Conversion entre raster et vectoriel	502
26.11. Traitement de géométrie	502
26.12. Gestion des champs et couches	504
26.13. Tuilage et gestion de données	504
26.14. Traitement raster avancé	506
26.15. Analyse de terrain	507
26.16. Points clés à retenir	513
26.17. Références et lectures supplémentaires	514
26.18. Exercices	514
27. Construction de tableaux de bord interactifs avec Voilà et Solara	517
27.1. Introduction	517
27.2. Objectifs d'apprentissage	518
27.3. Installation de Voilà et Solara	518
27.4. Introduction à Hugging Face Spaces	518
27.5. Création d'une application Voilà basique	519
27.6. Création d'une application web avancée avec Solara	525
27.7. Points clés à retenir	531

27.8. Exercices	532
28. Informatique distribuée avec Apache Sedona	533
28.1. Introduction	533
28.2. Objectifs d'apprentissage	534
28.3. Installation et configuration d'Apache Sedona	534
28.4. Téléchargement de données d'exemple	536
28.5. Concepts fondamentaux et structures de données	537
28.6. Opérations et fonctions spatiales	539
28.7. Jointures spatiales et indexation	543
28.8. Analyse spatiale avancée	546
28.9. Lecture de données vectorielles	548
28.10. Visualisation de données vectorielles	551
28.11. Écriture de données vectorielles	554
28.12. Lecture de données raster	554
28.13. Visualisation de données raster	556
28.14. Algèbre de cartes raster	557
28.15. Statistiques zonales raster	558
28.16. Écriture de données raster	559
28.17. Intégration avec GeoPandas	560
28.18. Cas d'usage du monde réel	563
28.19. Points clés à retenir	565
28.20. Références et lectures supplémentaires	566
28.21. Exercices	566

Préface

Introduction

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et l'analyse géospatiale sont devenus des outils fondamentaux dans de nombreuses disciplines, de la science environnementale et de l'urbanisme à l'analyse commerciale et à la santé publique. Alors que le volume et la complexité des données géospatiales continuent de croître de manière exponentielle, la capacité de traiter, analyser et visualiser ces données par programmation est devenue une compétence essentielle pour les chercheurs, analystes et professionnels travaillant avec des informations spatiales.

Python est devenu le langage de programmation de référence pour l'analyse géospatiale, offrant un riche écosystème de bibliothèques et d'outils qui rendent les opérations spatiales complexes accessibles aux débutants comme aux experts. Cependant, le chemin du novice en Python au programmeur géospatial confiant peut sembler intimidant, avec de nombreuses bibliothèques à apprendre et des concepts à maîtriser.

Ce livre comble cette lacune en fournissant une approche structurée et pratique pour apprendre la programmation géospatiale avec Python. Plutôt que de vous submerger avec des techniques avancées dès le départ, nous nous concentrerons sur la construction d'une base solide de compétences essentielles qui vous serviront tout au long de votre parcours en programmation géospatiale. Chaque chapitre s'appuie sur les précédents, vous assurant de développer à la fois une compréhension théorique et une expertise pratique.

L'approche adoptée dans ce livre est pratique et axée sur l'exemple. Vous travaillerez avec de vrais jeux de données géospatiales, résoudrez des problèmes pratiques et construirez des projets qui démontrent la puissance de Python pour l'analyse et la visualisation géospatiales. À la fin de ce livre, vous aurez la confiance et les compétences nécessaires pour relever vos propres défis de programmation géospatiale.

À qui s'adresse ce livre

Ce livre est conçu pour un public diversifié d'apprenants qui souhaitent exploiter la puissance de Python pour l'analyse et la visualisation géospatiales :

Étudiants et Chercheurs en géographie, sciences environnementales, urbanisme, science des données et domaines connexes qui ont besoin d'analyser des données spatiales dans le cadre de leurs études ou recherches. Aucune expérience préalable en programmation n'est supposée, bien qu'une familiarité de base avec les ordinateurs et les concepts d'analyse de données soit utile.

Professionnels SIG qui utilisent actuellement des logiciels SIG de bureau et souhaitent élargir leur boîte à outils avec des compétences en programmation. Si vous avez travaillé avec ArcGIS, QGIS ou des outils similaires et souhaitez automatiser les flux de travail ou effectuer des analyses difficiles dans les logiciels SIG traditionnels, ce livre vous aidera à effectuer cette transition.

Data Scientists et Analystes qui travaillent avec des données géolocalisées et souhaitent ajouter des capacités d'analyse spatiale à leurs compétences. Si vous êtes à l'aise avec les bases de Python mais nouveau aux concepts géospatiaux, ce livre vous introduira à la pensée spatiale et aux outils dont vous avez besoin.

Développeurs de logiciels intéressés par la création d'applications qui travaillent avec des données géospatiales. Que vous développiez des applications de cartographie web, des applications mobiles avec des fonctionnalités de localisation ou des pipelines de traitement de données, ce livre fournit les fondements dont vous avez besoin.

Auto-apprenants et Reconvertis qui s'intéressent au domaine en croissance de la science des données géospatiales. Le livre ne suppose aucune connaissance préalable de la programmation Python ou des concepts SIG, le rendant accessible aux débutants motivés.

Professionnels du gouvernement et de l'industrie qui ont besoin d'incorporer l'analyse spatiale dans leur travail, tels que les urbanistes, consultants environnementaux, chercheurs de marché, coordinateurs logistiques ou responsables de santé publique.

L'exigence clé est la curiosité et la volonté d'apprendre. Bien que l'expérience en programmation soit utile, elle n'est pas nécessaire. Nous commençons par les fondamentaux et construisons systématiquement.

Ce que couvre ce livre

Ce livre est organisé en trois sections progressives qui vous emmènent de la configuration logicielle à travers les fondamentaux Python jusqu'à la programmation géospatiale avancée :

Configuration logicielle prépare votre environnement de développement avec tout ce dont vous avez besoin pour la programmation géospatiale. Vous apprendrez à installer et configurer les outils essentiels incluant Miniconda pour la gestion des paquets, VS Code pour le développement, Git pour le contrôle de version, et des alternatives basées sur le cloud comme Google Colab et JupyterLab. Cette section assure que vous avez une base solide avant de plonger dans la programmation.

Fondamentaux de la programmation Python construit vos compétences de programmation de base à travers sept chapitres complets. En commençant par les bases de Python, vous maîtriserez les variables et types de données, les structures de données (listes, dictionnaires, ensembles), les opérations sur les chaînes, le flux de contrôle avec les boucles et conditions, les fonctions et classes, la gestion des fichiers, et l'analyse de données avec NumPy et Pandas. Ces compétences forment la fondation de toutes les tâches de programmation géospatiale.

Programmation géospatiale avec Python comprend quatorze chapitres spécialisés qui vous transforment en programmeur géospatial confiant :

- **Introduction à Python géospatial** - Concepts de base et écosystème Python géospatial
- **Analyse de données vectorielles avec GeoPandas** - Travailler avec points, lignes et polygones
- **Données raster avec Rasterio** - Traiter l'imagerie satellite et les jeux de données maillés
- **Analyse de données multidimensionnelles avec Xarray** - Gérer des jeux de données scientifiques complexes
- **Analyse raster avec Rioxarray** - Traitement et analyse raster avancés
- **Visualisation interactive avec Leafmap** - Créer des cartes dynamiques et interactives
- **Géotraitement avec WhiteboxTools** - Opérations d'analyse spatiale avancées
- **Cartographie 3D avec MapLibre** - Construire des visualisations tridimensionnelles
- **Informatique en nuage avec Earth Engine et Geemap** - Exploiter Google Earth Engine pour l'analyse à grande échelle
- **Visualisation de données hyperspectrales avec HyperCoast** - Travailler avec des données hyperspectrales
- **Analyses géospatiales hautes performances avec DuckDB** - Traitement de données spatiales haute performance
- **Traitement de données géospatiales avec GDAL et OGR** - Travailler avec divers formats de données géospatiales
- **Construction de tableaux de bord interactifs avec Solara** - Créer des tableaux de bord interactifs pour applications géospatiales

- **Informatique distribuée avec Apache Sedona** - Traiter de gros jeux de données géospatiales dans un environnement distribué

Chaque chapitre suit une structure cohérente :

- Explications claires des concepts avec contexte du monde réel
- Exemples de code étape par étape avec annotations détaillées
- Exercices pratiques utilisant des jeux de données géospatiales authentiques
- Pièges courants et conseils de dépannage
- Références vers des ressources supplémentaires et lectures complémentaires

La progression est soigneusement conçue pour que chaque chapitre s'appuie sur les concepts précédents tout en introduisant de nouvelles capacités, vous assurant de développer à la fois largeur et profondeur en programmation géospatiale.

Tirer le meilleur parti de ce livre

Pour maximiser votre expérience d'apprentissage avec ce livre, considérez les recommandations suivantes :

Configurez un environnement de développement approprié : Installez Python et les bibliothèques requises comme décrit dans la première section du livre. Un environnement bien configuré vous fera gagner du temps et de la frustration tout au long de votre parcours d'apprentissage. Considérez utiliser conda ou uv pour gérer vos paquets Python, car cela simplifie l'installation des bibliothèques géospatiales.

Suivez les exemples de code : Ce livre est conçu pour être interactif. Ne vous contentez pas de lire le code —tapez-le, exécutez-le, et expérimenez avec des modifications. La compréhension vient par la pratique, et chaque exemple développe des compétences dont vous aurez besoin plus tard.

Travaillez sur les exercices : Chaque chapitre inclut des exercices conçus pour renforcer les concepts que vous avez appris. Ce ne sont pas des extras optionnels—ils sont une partie intégrante du processus d'apprentissage. Commencez par les exercices guidés, puis défiez-vous avec vos propres projets.

Utilisez des données réelles : Bien que le livre fournisse des jeux de données pour les exemples et exercices, essayez d'appliquer les techniques aux données de votre propre domaine ou intérêts. Cela vous aidera à comprendre comment les concepts s'appliquent aux scénarios du monde réel et construira votre confiance en vos capacités.

Construisez des projets : Pendant que vous progressez dans le livre, considérez travailler sur un projet personnel qui vous intéresse. Cela pourrait être analyser des données de votre recherche, créer des cartes pour votre communauté, ou résoudre un problème que vous avez rencontré dans votre travail.

Soyez patient avec vous-même : La programmation peut être frustrante, surtout quand vous apprenez. Attendez-vous à rencontrer des erreurs, passer du temps à déboguer, et parfois vous sentir bloqué. C'est normal et fait partie du processus d'apprentissage. Prenez des pauses quand nécessaire, et rappelez-vous que l'expertise se développe graduellement par la pratique cohérente. Si vous êtes bloqué, n'hésitez pas à demander de l'aide sur le dépôt GitHub du livre.

Continuez à pratiquer : Les compétences de ce livre nécessitent une pratique régulière pour être maintenues et développées. Réservez du temps régulièrement pour travailler sur des projets de programmation géospatiale, même s'ils sont petits.

Conventions utilisées dans ce livre

Ce livre utilise plusieurs conventions pour vous aider à naviguer dans le contenu et comprendre les exemples de code :

Formatage du code : Tout le code Python apparaît en police monospace dans des blocs de code. Quand le code apparaît dans le texte régulier, il est formaté `comme ceci`. Les noms de fichiers et de répertoires sont aussi formatés en police monospace.

Exemples de code : La plupart des exemples de code sont complets et exécutables. Ils incluent des commentaires expliquant les concepts et techniques clés démontrés. Les numéros de ligne peuvent être inclus pour référence dans le texte d'accompagnement.

```
# Ceci est un exemple de bloc de code
import leafmap
m = leafmap.Map()
m.add_basemap("OpenTopoMap") # ajouter un fond de carte à la carte
m
```

Instructions de ligne de commande : Les commandes à entrer dans la ligne de commande ou le terminal sont montrées avec un prompt `$` :

```
$ pip install leafmap
$ python script.py
```

Télécharger les exemples de code

Tous les exemples de code, jeux de données et matériels supplémentaires pour ce livre sont disponibles gratuitement sur GitHub :

<https://github.com/giswqs/intro-gispro>

Pour télécharger les matériels, vous pouvez utiliser une des méthodes suivantes :

- **Cloner le dépôt** (si vous avez Git installé) :

```
$ git clone https://github.com/giswqs/intro-gispro.git
```

- **Télécharger en ZIP** (si vous préférez ne pas utiliser Git) :

- Visitez la page du dépôt GitHub
- Cliquez sur le bouton vert **Code**
- Sélectionnez **Download ZIP**
- Extrayez les fichiers vers votre emplacement préféré

- **Parcourir les fichiers individuels** en ligne à travers l'interface GitHub si vous n'avez besoin que d'exemples spécifiques

Le dépôt est régulièrement mis à jour avec des corrections, améliorations et exemples supplémentaires. Vérifiez périodiquement pour les mises à jour, ou **suivez** le dépôt sur GitHub pour être notifié des changements.

Si vous trouvez des erreurs dans le code ou avez des suggestions d'améliorations, veuillez ouvrir un problème ou soumettre une pull request sur GitHub. Les contributions de la communauté aident à rendre cette ressource meilleure pour tous.

Tutoriels vidéo

Complétant le contenu écrit, ce livre est soutenu par une série complète de tutoriels vidéo qui parcourent les concepts clés et fournissent des exemples supplémentaires :

<https://tinyurl.com/intro-gispro-videos>

Les vidéos sont conçues pour compléter, non remplacer, le matériel écrit. Elles sont particulièrement utiles pour :

- Les apprenants visuels qui bénéficient de voir le code être écrit et exécuté
- Comprendre des concepts complexes à travers multiples explications
- Apprendre le flux de travail de développement et les meilleures pratiques
- Voir comment aborder les problèmes et déboguer les issues

La playlist est organisée pour suivre la structure du livre. Vous pouvez les regarder dans l'ordre en progressant dans le livre, ou aller à des sujets spécifiques selon les besoins.

Les vidéos ont été créées à l'automne 2024 quand j'enseignais le cours **Introduction to GIS Programming**¹ à l'Université du Tennessee. Bien que le cours soit terminé, les vidéos restent pertinentes et peuvent être utilisées comme référence pour le livre. Des vidéos supplémentaires seront ajoutées dans le futur.

Prendre contact

J'accueille les commentaires, questions et suggestions des lecteurs. Vos contributions aident à améliorer le livre et le rendent plus utile pour la communauté de programmation géospatiale.

Pour les questions et discussions liées au livre :

- GitHub Issues : <https://github.com/giswqs/intro-gispro/issues>
- GitHub Discussions : <https://github.com/giswqs/intro-gispro/discussions>

Types de commentaires particulièrement utiles :

- Erreurs ou explications peu claires dans le texte ou le code
- Suggestions pour des exemples supplémentaires ou cas d'usage
- Idées pour nouveaux sujets ou chapitres
- Rapports de problèmes de compatibilité avec différents systèmes d'exploitation ou versions de bibliothèques
- Histoires de succès de comment vous avez appliqué les techniques du livre

Remerciements

Ce livre n'aurait pas été possible sans les contributions et le soutien de nombreux individus et de la communauté géospatiale open-source plus large.

¹<https://geog-312.gishub.org>

La communauté Open-Source : Ce livre s'appuie sur l'incroyable travail d'innombrables développeurs open-source qui ont créé et maintenu l'écosystème Python géospatial. Remerciements particuliers aux développeurs et mainteneurs de NumPy, Pandas, GeoPandas, Rasterio, Xarray, Rioxarray, Folium, ipyleaflet, MapLibre, GDAL, et les nombreuses autres bibliothèques qui rendent la programmation géospatiale accessible.

Étudiants et Collègues : Les questions, défis et insights des étudiants dans mes cours de programmation géospatiale à l'Université du Tennessee ont façonné l'approche et le contenu de ce livre. Leurs commentaires sur ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas ont été inestimables pour créer des matériels qui servent vraiment les apprenants.

Collaborateurs de recherche : Les collègues et collaborateurs dans la communauté de recherche géospatiale ont fourni des cas d'usage du monde réel, des jeux de données et des scénarios de problèmes qui informent les exemples pratiques à travers le livre.

Famille et Amis : Écrire un livre technique nécessite un temps et une concentration significatifs. Je suis reconnaissant pour la patience et le soutien de la famille et des amis qui ont compris les nombreuses soirées et week-ends dédiés à ce projet.

La communauté SIG plus large : Le domaine géospatial est construit sur une fondation de partage de connaissances et d'outils. Ce livre fait partie de cette tradition, et je suis honoré de contribuer aux ressources disponibles pour apprendre la programmation géospatiale.

Ce livre a été écrit en utilisant [MyST Markdown](#)² et compilé en utilisant [Typst](#)³ avec le template [min-book](#)⁴. Crédits aux développeurs et mainteneurs des projets Typst et MyST Markdown. Remerciements particuliers à [Maycon F. Melo](#)⁵ pour le template min-book et leur aide pour personnaliser le template pour ce livre.

Toute erreur ou omission dans ce livre reste de ma responsabilité. Je m'engage à traiter les problèmes et améliorer le contenu basé sur les commentaires des lecteurs.

À propos de l'auteur

Le Dr Qiusheng Wu est Professeur Associé et Directeur des Études Supérieures au Département de Géographie et Durabilité à l'Université du Tennessee, Knoxville. Il sert aussi comme Amazon Scholar. La recherche du Dr Wu se concentre sur la science des données géospatiales et le développement de logiciels open-source, avec un accent sur l'exploitation de gros données géospatiales et de l'informatique en nuage pour étudier le changement environnemental, particulièrement les dynamiques d'inondation des eaux de surface et des zones humides. Il est le créateur de plusieurs paquets Python open-source largement utilisés, incluant [geemap](#)⁶, [leafmap](#)⁷, [segment-geospatial](#)⁸, et [geoai](#)⁹, qui supportent l'analyse géospatiale avancée et la visualisation interactive. Son travail open-source est disponible sur [Open Geospatial Solutions](#)¹⁰ sur GitHub.

²<https://mystmd.org>

³<https://github.com/typst/typst>

⁴<https://github.com/mayconfmelo/min-book>

⁵<https://github.com/mayconfmelo>

⁶<https://geemap.org>

⁷<https://leafmap.org>

⁸<https://samgeo.github.io>

⁹<https://opengeoai.org>

¹⁰<https://github.com/opengeos>

Licence et Copyright

Ce livre embrasse les principes de la science ouverte et de l'éducation ouverte. Pour soutenir la transparence, l'apprentissage et la réutilisation, les **exemples de code** dans ce livre sont publiés sous une licence [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#). Cela signifie que vous êtes libre de copier, modifier et distribuer le code, même à des fins commerciales, tant qu'un crédit approprié est donné.

Veuillez attribuer l'usage du code en citant le livre ou en liant vers le dépôt GitHub :

Wu, Q. (2025). *Introduction to GIS Programming: A Practical Python Guide to Open Source Geospatial Tools*. <https://gispro.gishub.org>

Bien que le code soit disponible librement, le **texte, figures et images** dans ce livre sont **protégés par copyright** par l'auteur et ne peuvent pas être reproduits, redistribués ou modifiés sans permission explicite. Cela inclut tout le contenu écrit, diagrammes personnalisés et visualisations intégrées sauf indication contraire.

Si vous souhaitez réutiliser ou adapter tout matériel non-code du livre—par exemple, pour l'enseignement, présentations ou publications—veuillez contacter l'auteur pour demander permission.

Cette approche de double licence aide à équilibrer l'accès ouvert aux matériels d'apprentissage avec la protection du travail créatif original. Merci de respecter ces termes et de soutenir la communauté géospatiale open-source.

Introduction à la programmation SIG

Un guide pratique de Python pour les outils géospatiaux open source

Alors que la demande d'analyse de données spatiales ne cesse de croître dans divers domaines – des sciences de l'environnement et de l'urbanisme à la santé publique et au monde des affaires – le besoin en outils accessibles et évolutifs capables de gérer la complexité géospatiale augmente lui aussi. Introduction à la programmation SIG avec Python est votre guide pratique pour maîtriser l'analyse spatiale.

Que vous soyez étudiant, professionnel des SIG, analyste de données ou développeur, ce livre pratique vous propose un parcours structuré et adapté aux débutants pour la programmation géospatiale avec Python. Vous commencerez par les bases du langage et évoluerez progressivement vers des analyses spatiales avancées et des visualisations interactives grâce à des bibliothèques open source puissantes telles que GeoPandas, Rasterio, Leafmap, Geemap et GDAL.

Ce qui distingue ce livre, c'est son approche fondée sur des exemples concrets : vous travaillerez avec de vrais jeux de données, vous résoudrez des problèmes réels et vous créerez des résultats utiles – des cartes statiques aux applications web interactives. Chaque chapitre est soigneusement conçu pour développer vos compétences étape par étape, combinant théorie, code commenté, exercices pratiques et conseils de dépannage.

Ce que vous apprendrez :

- **Comment configurer votre environnement de développement avec conda, VS Code, Git, Docker, et des outils cloud**
- **Les bases de la programmation Python : variables, structures de données, entrées/sorties de fichiers, Pandas**
- **Le traitement des données vectorielles et matricielles, la cartographie interactive, la visualisation 3D et le géotraitements**
- **L'informatique géospatiale dans le cloud avec Google Earth Engine, ainsi que des sujets avancés comme les données hyperspectrales et le SQL spatial**



Scannez le QR code pour visiter
le site web du livre et
télécharger les exemples de
code : <https://gispro.gishub.org>