

Disponibilité des bornes Belib à Paris

Juba HAMMA

14/02/2023

Projet de fin de formation C/C++ Linux embarqué



- AJC Formation -
- POEI AUSY -



aussy
by randstad.

Expérience professionnelle

- Master en Mécanique des Solides et du Génie Civil (UPMC, 2016)
 - Stage de fin d'études (NUVIA Structure) : **développement** de nouvelles fonctionnalités, **automatisation de tâches** et **travail sur l'ergonomie** de l'interface utilisateur d'un logiciel de calcul parasismique (Delphi)
- Doctorat en Sciences des Matériaux (ONERA, CNRS, 2016-2020)
 - **Développement et implémentation** de modèles de comportement mécanique de matériaux à l'échelle microscopique (Unix, Fortran 2003, Python)
- Post-doctorat (ONERA, CNRS, 2020-2021)
 - **Développement et implémentation** de modèles de comportement électrocinétique de matériaux à l'échelle microscopique (Unix, Fortran 77, Python)
- Post-doctorat (IJL, CNRS, Nancy, 2022)
 - M-à-j d'un code de calcul, **débogage**, amélioration de **l'ergonomie**, **restructuration de code** (Unix, Fortran 2003, Python)

Expérience personnelle

- Formation en autodidacte à C/C++ (Qt 5)
- Projet de lampe connectée : fabrication d'un interrupteur connecté Arduino et ESP01 (WIFI)
- **Développement d'un dashboard** permettant un suivi de l'état d'un compte bancaire
- **Développement d'un site web interactif** donnant un aperçu global de l'immobilier (et un historique) pour quelques villes de France (2022) : <https://www.jubimmo.fr>
 - **WebScraper** en JavaScript
 - **Traitement des données** : Python (pandas)
 - **Dashboard** et affichage de résultats : HTML, CSS, Python (Dash)
 - **Automatisation du processus** de récupération + traitement des données et du déploiement du site web (**Raspberry Pi**)

Ressenti de la formation

- Approfondissement de nombreuses notions apprises sur le tas (sur l'environnement Linux, langages Sh, C et C++)
- Compétences nouvelles acquises sur SQLite3, Buildroot et Yocto, débog avec Valgrind / ElectricFence, ftrace, strace, profilage de code ... et Robot Framework pour l'automatisation de test
- Méthodologie : Cycle en V, méthode AGILE, gestion des exigences

Sommaire

1. Contexte et choix du projet
2. Environnement de développement
3. Mise en œuvre du projet
4. Environnement embarqué
5. Aperçu des résultats obtenus
6. Démonstration : fonctionnalité interactive
7. Documentation
8. Perspectives et conclusion

1. Contexte et choix du projet

Contexte projet

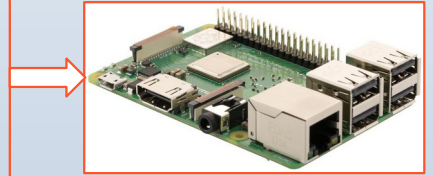
- Application des concepts étudiés (Sh / Python, C ou C++, SQLite3, Buildroot, Git ...)
- **Thème du projet**
 - Récupération, traitement et exploitation de données en Open data dynamique
 - Affichage de figures permettant la visualisation des données sur une page HTML hébergée sur un serveur apache (httpd)
 - 1ère figure : Historique des données récupérées
 - 2ème figure : Instantané de la dernière récupération de données
 - Automatisation du processus (récupération/traitement data + génération figures + affichage)

Contexte projet

- Application des concepts étudiés (Sh / Python, C ou C++, SQLite3, Buildroot, Git ...)

- **Thème du projet**

- Récupération, traitement et exploitation de données en Open data dynamique
- Affichage de figures permettant la visualisation des données sur une page HTML hébergée sur un serveur apache (httpd)
 - 1ère figure : Historique des données récupérées
 - 2ème figure : Instantané de la dernière récupération de données
- Automatisation du processus (récupération/traitement data + génération figures + affichage)



Sur carte
embarquée !
(émulée)

Choix du projet

- Disponibilité des bornes de recharge Belib pour véhicules électriques à Paris
- Aperçu du jeu de données sur Paris Data recensant l'état des bornes



	ID PDC local	Statut du point de recharge	URL Description Point de charge	Heure mise à jour	Coordonnées géographiques	Adresse station
1	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
2	FR*V75*EHBSAE*PDA*05*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
3	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
4	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*1	Occupé (en charge)	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
5	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
6	FR*V75*EHBSAE*PDA*01*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
7	FR*V75*EHBSAE*PDA*02*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 06:25	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
8	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*1	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
9	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 08:19	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
10	FR*V75*EHBSAE*PDA*02*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 09:59	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
11	FR*V75*EHBSAE*PDA*05*1	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
12	FR*V75*EHBSAE*PDA*01*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa

Choix du projet

Besoins

- Y a-t-il des bornes disponibles autour de chez moi ?
- A quel moment de la journée ai-je le plus de chance de trouver une borne disponible autour de chez moi ?



Choix du projet

Besoins

- Y a-t-il des bornes disponibles autour de chez moi ?
- A quel moment de la journée ai-je le plus de chance de trouver une borne disponible autour de chez moi ?

Objectifs

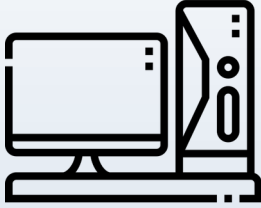
- Affichage de l'évolution de la disponibilité des bornes dans des stations favorites
 - Stations favorites sélectionnées autour d'une position GPS (lieu de travail, domicile, ...), dans un périmètre spécifié
- Affichage d'un instantané du statut des bornes dans les stations favorites (dernière récupération des données)



2. Environnement de développement

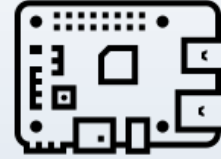
Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

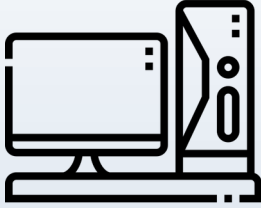
Carte embarquée



CPU aarch64

Environnement de développement

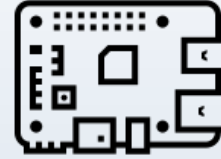
Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code

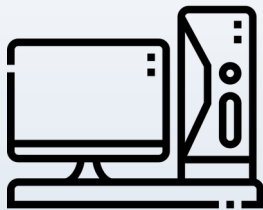
Carte embarquée



CPU aarch64

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code

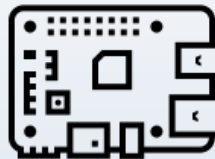


Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)



Création d'exécutables pour aarch64

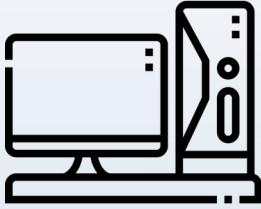
Carte embarquée



CPU aarch64

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code

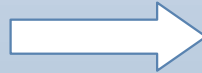


Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)

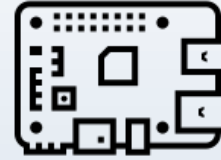


Création d'exécutables pour aarch64

Flashage

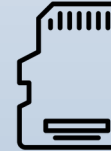


Carte embarquée



CPU aarch64

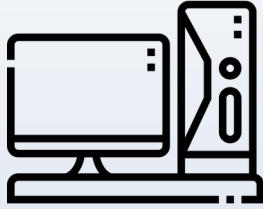
Test du programme
sur la carte



Carte mémoire
ou mémoire interne de la carte

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code

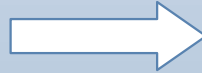


Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)

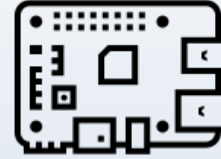


Création d'exécutables pour aarch64

Flashage

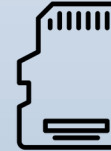


Carte embarquée



CPU aarch64

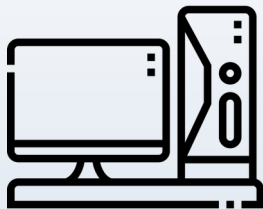
Test du programme
sur la carte



Carte mémoire
ou mémoire interne de la carte

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code

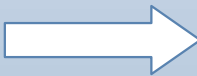


Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)



Création d'exécutables pour aarch64

Copie

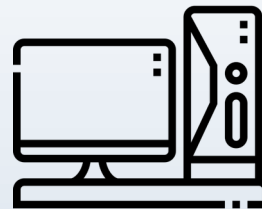


Qemu

Emulation d'une carte embarquée
sur notre machine hôte



Carte émulée



CPU aarch64

Test du programme
sur la carte



Debug



3. Mise en oeuvre du projet

Mise en œuvre du projet

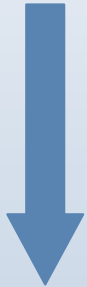
Data Paris
(Belib)



	ID PDC local	Statut du point de recharge	URL Description Point de charge	Heure mise à jour	Coordonnées géographiques	Adresse station
1	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
2	FR*V75*EHBSAE*PDA*05*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
3	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
4	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*1	Occupé (en charge)	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
5	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
6	FR*V75*EHBSAE*PDA*01*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
7	FR*V75*EHBSAE*PDA*02*3	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 06:25	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
8	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*1	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
9	FR*V75*EHBSAE*PDA*03*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 08:19	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
10	FR*V75*EHBSAE*PDA*02*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 09:59	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
11	FR*V75*EHBSAE*PDA*05*1	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
12	FR*V75*EHBSAE*PDA*01*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa

Mise en œuvre du projet

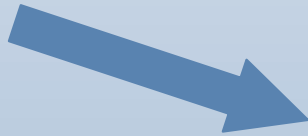
Data Paris
(Belib)



Etape 1 : Récupérer, traiter et
stocker les données



Bdd SQLite



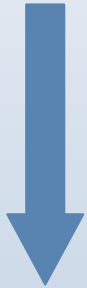
Etape 2 : Lecture des données et
génération des figures



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Etape 1 : Récupérer, traiter et
stocker les données



Bdd SQLite

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Bdd SQLite



Création d'une table



Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

ID	date_recolte	adresse_station	lon	lat	disponible	occupe	...
----	--------------	-----------------	-----	-----	------------	--------	-----

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python



Bdd SQLite

Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

ID	date_recolte	adresse_station	lon	lat	disponible	occupe	...
----	--------------	-----------------	-----	-----	------------	--------	-----

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération des données
Python (urllib3)

Requête API opendatasoft

Données au format
JSON



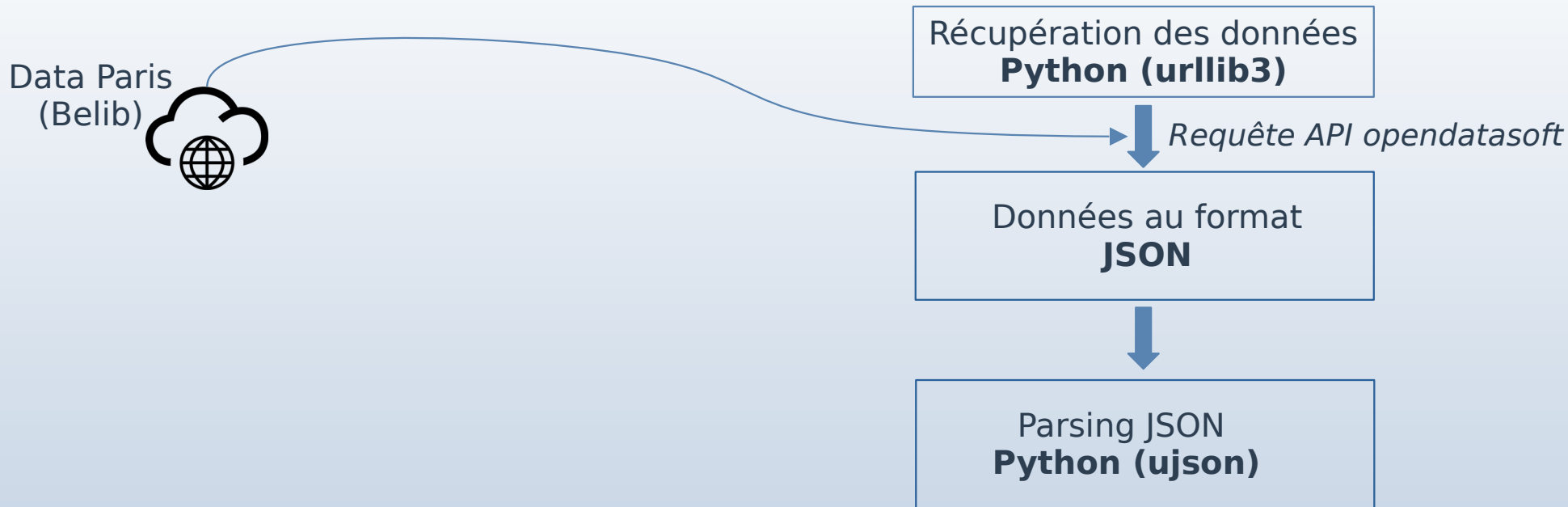
Bdd SQLite


Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

ID	date_recolte	adresse_station	lon	lat	disponible	occupe	...
----	--------------	-----------------	-----	-----	------------	--------	-----

Mise en œuvre du projet



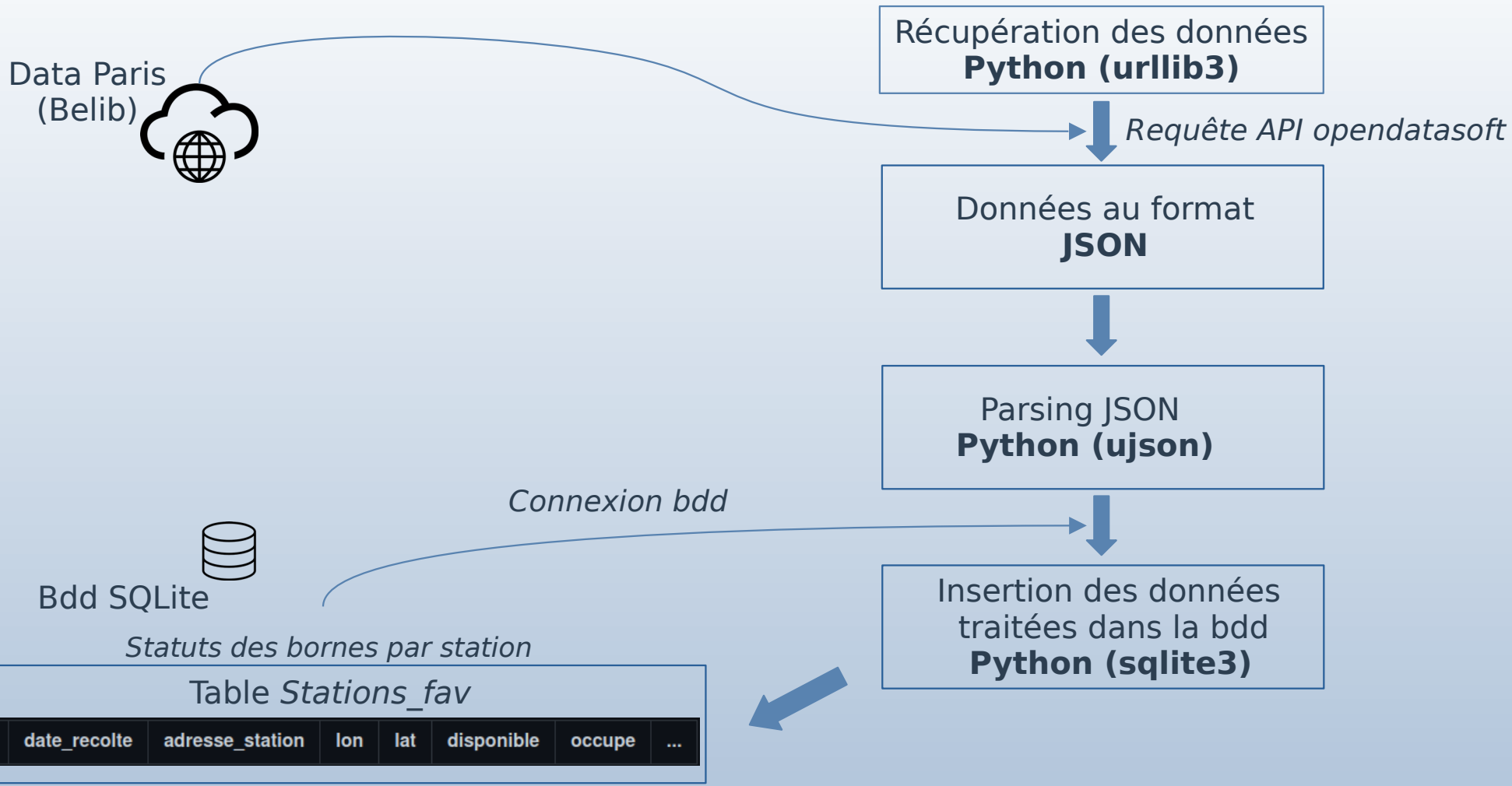

Bdd SQLite

Statuts des bornes par station

Table *Stations_fav*

ID	date_recolte	adresse_station	lon	lat	disponible	occupe	...
----	--------------	-----------------	-----	-----	------------	--------	-----

Mise en œuvre du projet



Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python



Bdd SQLite

Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

ID	date_recolte	adresse_station	lon	lat	disponible	occupe	...
----	--------------	-----------------	-----	-----	------------	--------	-----

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3

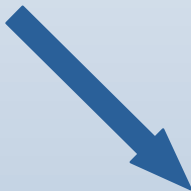


Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



Etape 2 : Lecture des données et
génération des figures



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



Lecture et visualisation
des données
Langage C



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



**Lecture et visualisation
des données
Langage C**



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données

Programme en
langage C

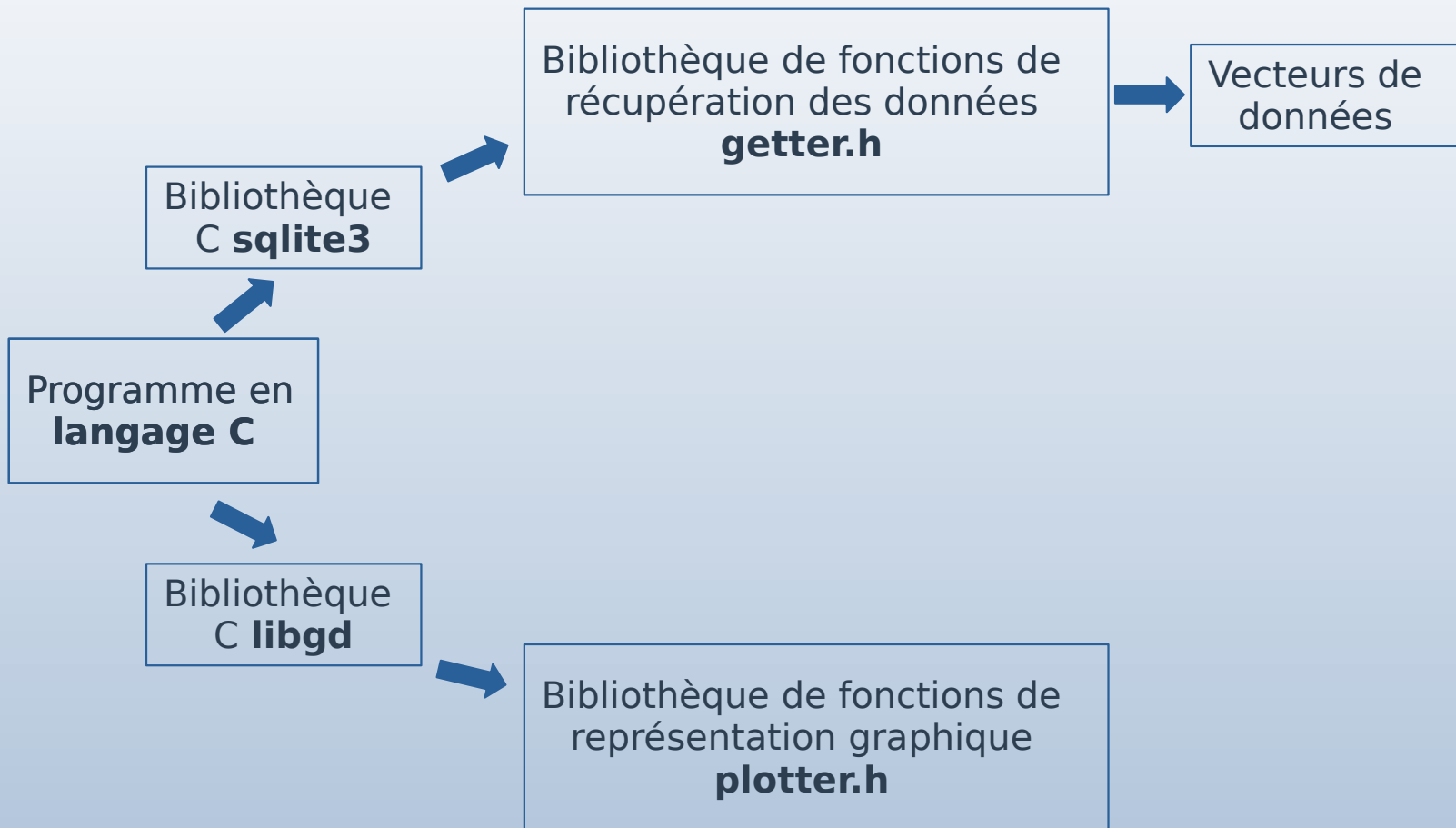
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



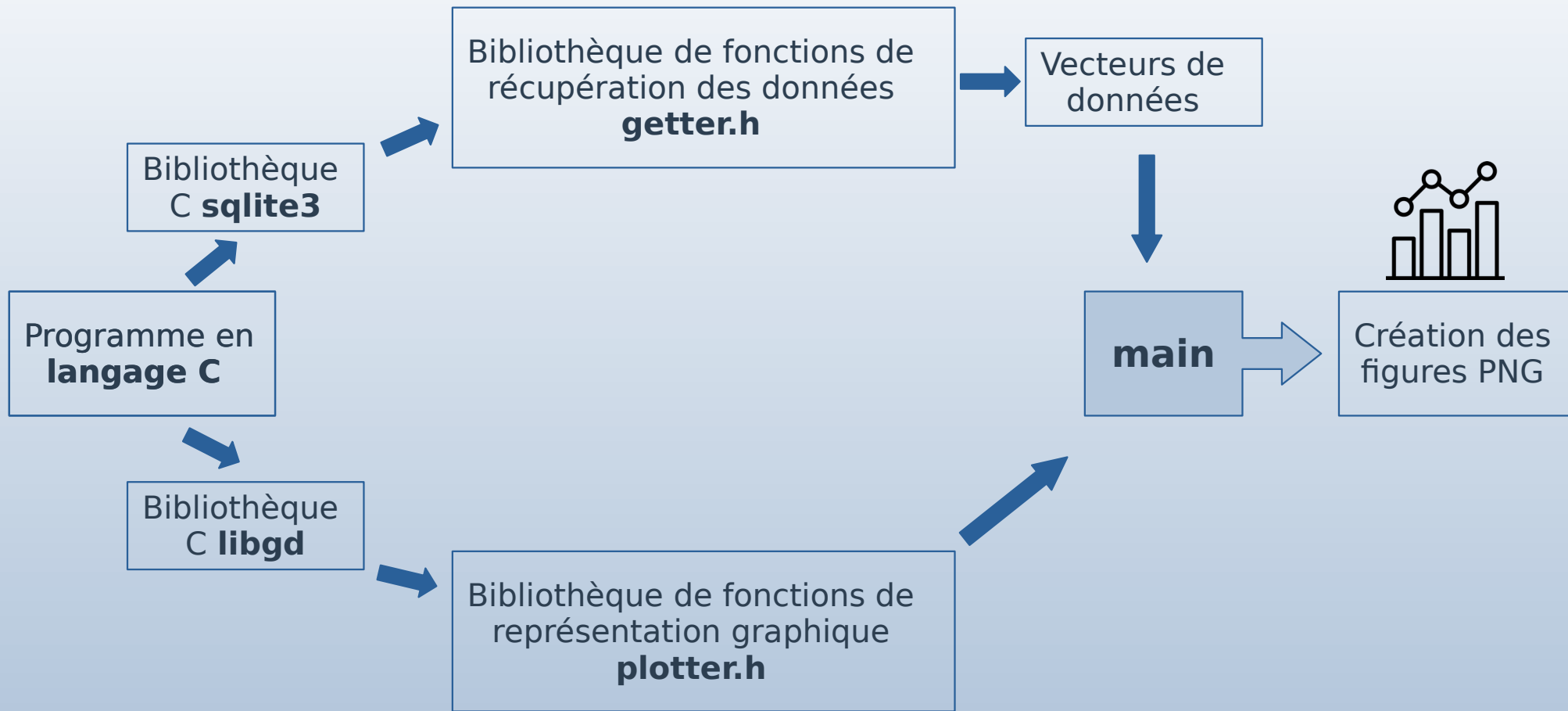
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



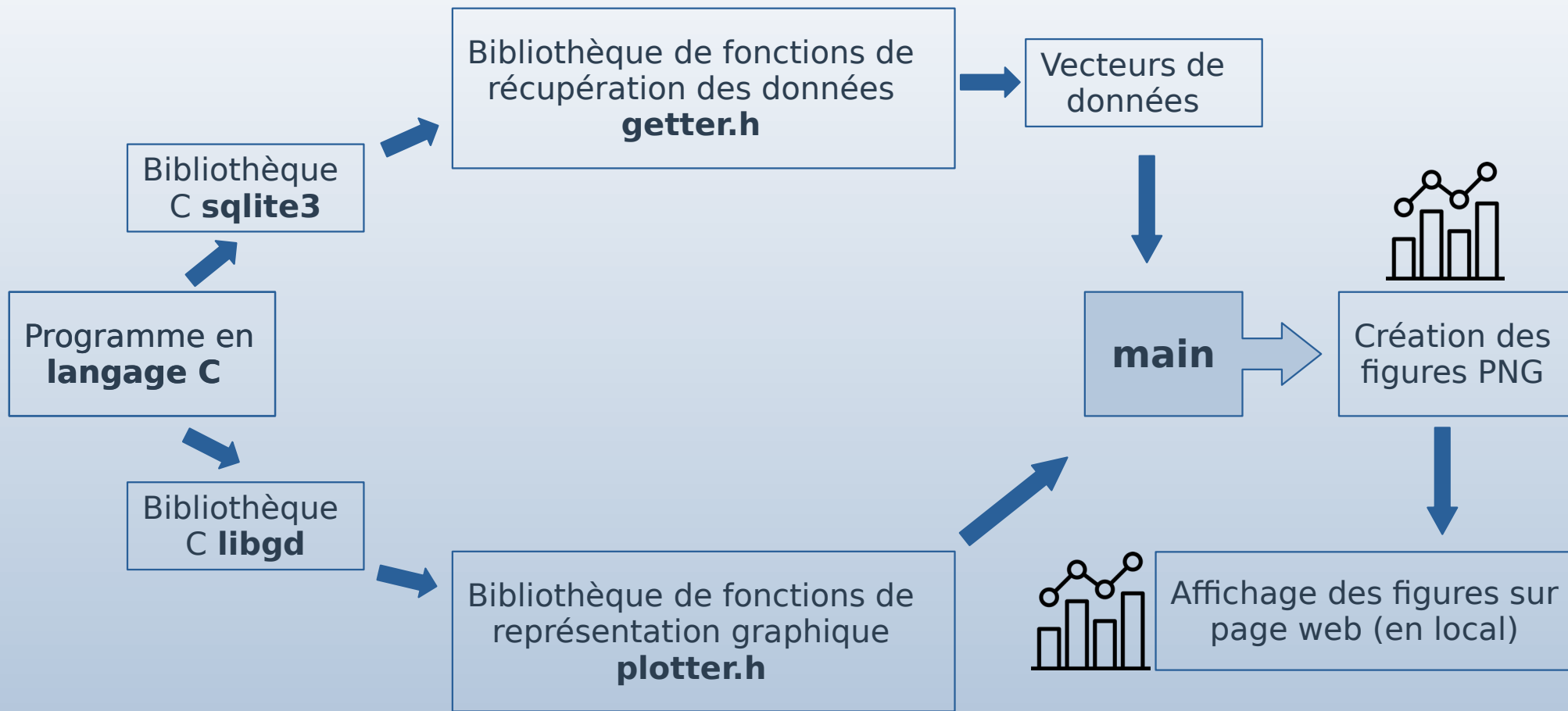
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



Lecture et visualisation
des données
Langage C



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



Lecture et visualisation
des données
Langage C



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Processus automatisé

Récupération et
stockage des données
Python, SQLite3



Lecture et visualisation
des données
Langage C



Affichage des figures
sur page web (en local)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Processus automatisé



Shell script exécuté toutes les heures (**crontab**)

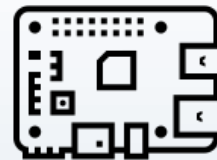


Affichage des figures
sur page web (en local)

4. Environnement embarqué

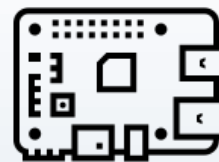
Environnement embarqué

- Carte **émulée** avec Qemu : Raspberry Pi 3
 - CPU 4 coeurs Aarch64 Cortex-A53 1.2Ghz, 1Go de Ram
 - Carte ethernet : transfert de port ssh (22) et http (80)



CPU aarch64

Environnement embarqué

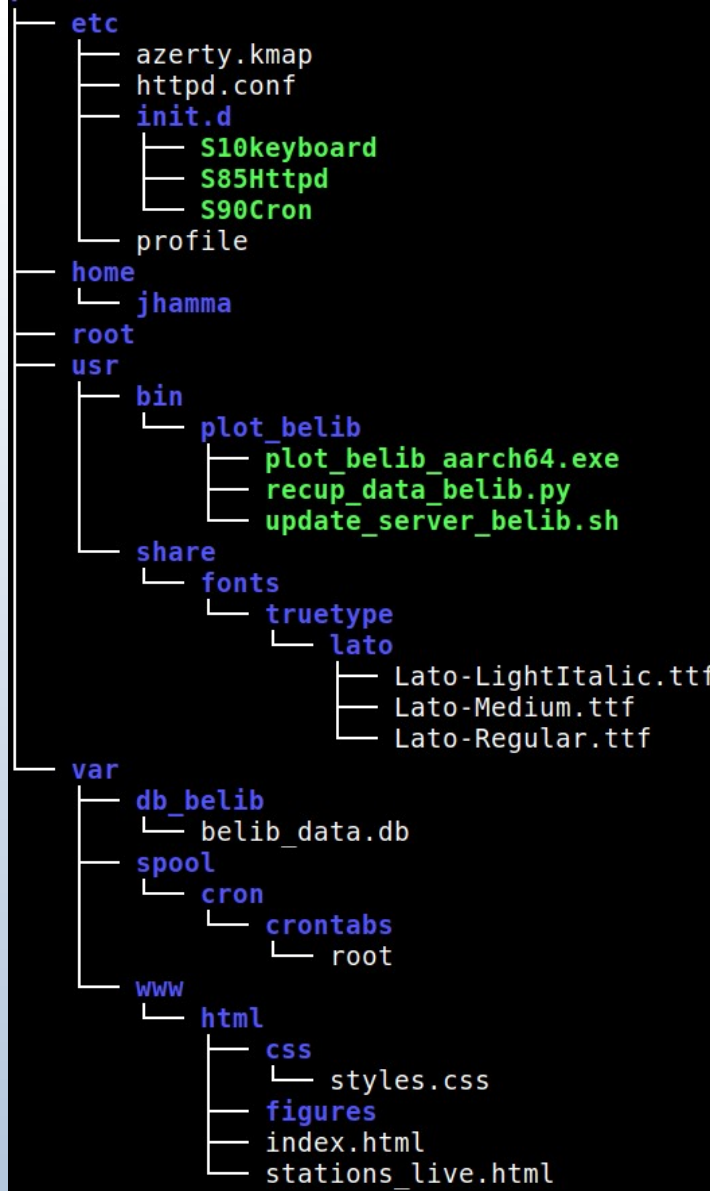


CPU aarch64

- Carte **émulée** avec Qemu : Raspberry Pi 3
 - CPU 4 coeurs Aarch64 Cortex-A53 1.2Ghz, 1Go de Ram
 - Carte ethernet : transfert de port ssh (22) et http (80)
- Construction d'une distribution linux personnalisée avec **Buildroot**
 - Génération d'une toolchain de cross-compilation aarch64
 - Ajout des différents packages utilisés dans le cadre du projet (python3, modules pythons, libgd, httpd ...)
 - Ajout d'utilisateurs (afin d'éviter ssh sur root)
 - Mise en place d'un **overlay** : calque l'architecture du linux

Environnement embarqué

- Carte **émulée** avec Qemu : Raspberry Pi 3
 - CPU 4 coeurs Aarch64 Cortex-A53 1.2Ghz, 1Go de Ram
 - Carte ethernet : transfert de port ssh (22) et http (80)
- Construction d'une distribution linux personnalisée avec **Buildroot**
 - Génération d'une toolchain de cross-compilation aarch64
 - Ajout des différents packages utilisés dans le cadre du projet (python3, modules pythons, libgd, httpd ...)
 - Ajout d'utilisateurs (afin d'éviter ssh sur root)
 - Mise en place d'un **overlay**
 - Configuration des services au démarrage : **crontab**, **ssh**, **httpd**
 - Logiciels cross-compilés et scripts du projet
 - Pages html (+ css)



Environnement embarqué

- Carte **émulée** avec Qemu : Raspberry Pi 3
 - CPU 4 coeurs Aarch64 Cortex-A53 1.2Ghz, 1Go de Ram
 - Carte ethernet : transfert de port ssh (22) et http (80)
- Construction d'une distribution linux personnalisée avec **Buildroot**
 - Génération d'une toolchain de cross-compilation aarch64
 - Ajout des différents packages utilisés dans le cadre du projet (python3, modules pythons, libgd, httpd ...)
 - Ajout d'utilisateurs (afin d'éviter ssh sur root)
 - Mise en place d'un **overlay**
 - Configuration des services au démarrage : **crontab, ssh, httpd**
 - Logiciels cross-compilés et scripts du projet
 - Pages html (+ css)

Quelques stats

Screen df -h

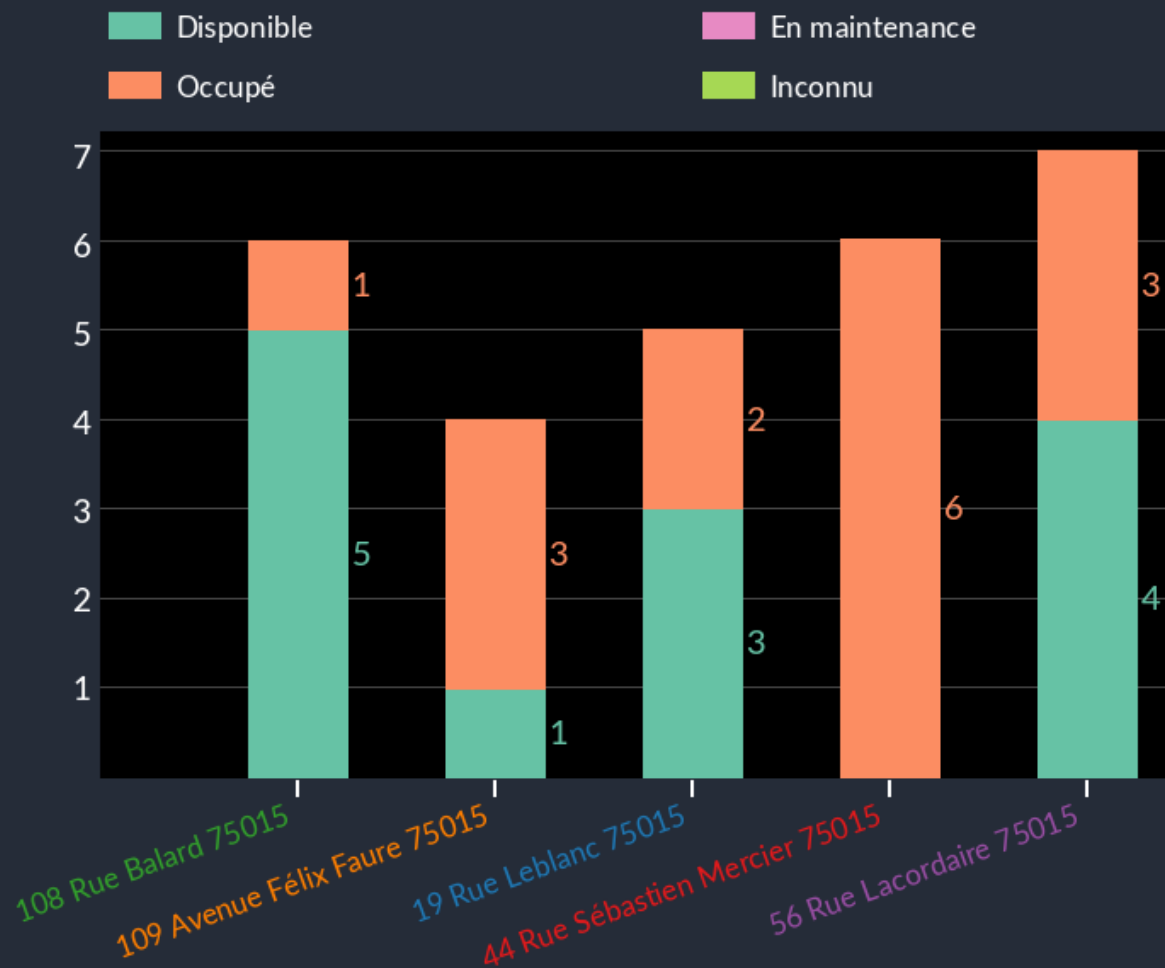
Screen free -m

Time ?

5. Aperçu des résultats

Aperçu des résultats

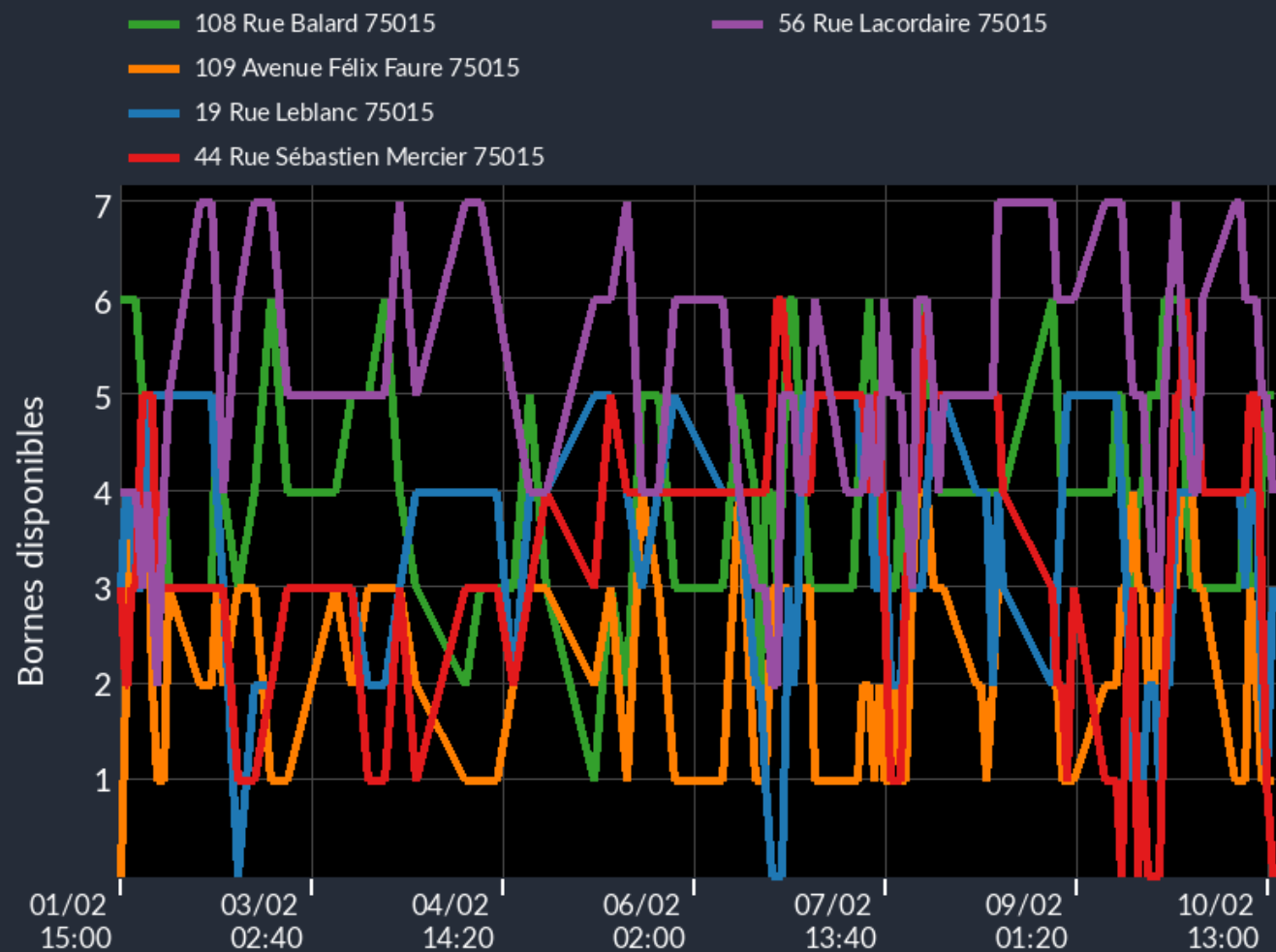
Fig 1 : Instantané des statuts
des bornes pour les stations favorites



Disponibilité des bornes Belib (stations favorites)
le 10/02/23 à 13:00

Aperçu des résultats

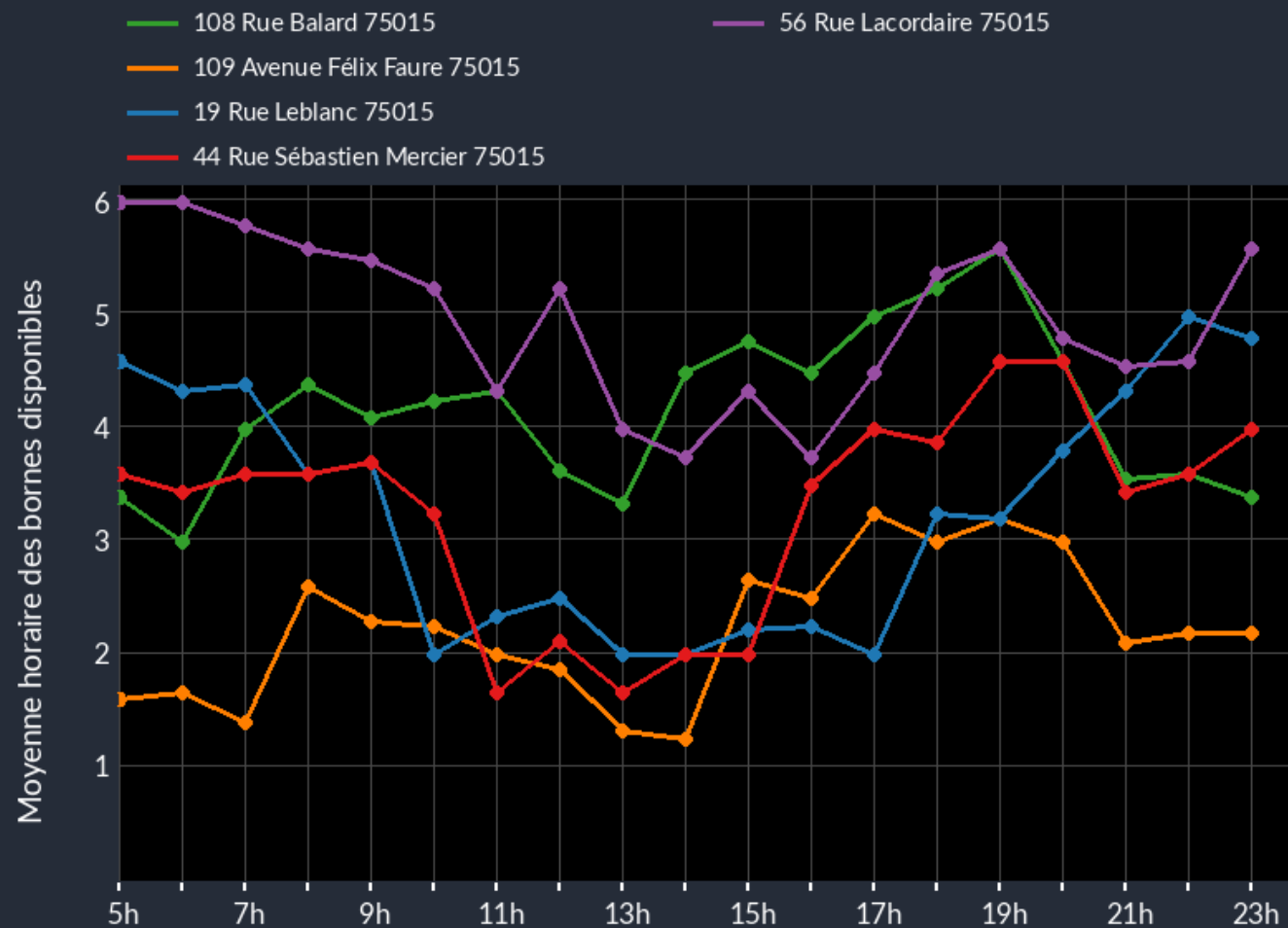
Fig 2 : Historique de la disponibilité
des bornes pour les stations favorites



Évolution du nombre de bornes Belib disponibles (stations favorites)
du 01/02/23 au 10/02/23

Aperçu des résultats

Fig 3 : Moyenne horaire de la disponibilité
des bornes pour les stations favorites



Évolution de la moyenne horaire des bornes Belib disponibles
du 01/02/23 au 10/02/23

6. Démonstration live

Démonstration live

Démo site en partage d'écran ...

Pour aller plus loin ... :

- **API Mapbox** : ajout d'une carte des environs de la zone ajoutée en favoris avec marqueurs des stations favorites (aux couleurs des tracés)
- **API Adresse (gouv)** et script CGI (sh) : ajout d'une fonctionnalité permettant d'entrer une adresse et un rayon de recherche
→ renvoie un instantané des 8 premières stations trouvées autour de l'adresse indiquée

7. Documentation et Github

Documentation et Github

Screen de la doc, lien vers la doc et github

Perspectives et conclusion

- Projet formateur
 - Application des différents concepts étudiés
 - Gestion de plusieurs tâches, recherche de documentation, utilisation de bibliothèques rudimentaires
- Pour aller plus loin ...
 - Portage sur **Yocto** avec carte Raspberry Pi en cours ...
 - Projet pouvant être porté sur écran (via framebuffer par ex.), adaptation en C++
 - Amélioration de la structure du code C
 - Mettre en place des tests couvrant toute éventualité de bugs en cours d'exécution