

Disponibilité des bornes Belib à Paris

Juba HAMMA

14/02/2023

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

- AJC Formation -
- POEI AUSY -



ausy
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, débbug 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
 - Génération de figures permettant la visualisation des données
 - 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
- Génération de figures permettant la visualisation des données
 - 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



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

Besoin n°1

- Y a-t-il des bornes Belib disponibles autour de chez moi ?



Choix du projet

Besoin n°1

- Y a-t-il des bornes Belib disponibles autour de chez moi ?

Objectif n°1

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



Choix du projet

Besoin n°1

- Y a-t-il des bornes Belib disponibles autour de chez moi ?

Objectif n°1

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

Besoin n°2

- A quel moment de la journée ai-je le plus de chance de trouver une borne Belib disponible autour de chez moi ?



Choix du projet

Besoin n°1

- Y a-t-il des bornes Belib disponibles autour de chez moi ?

Objectif n°1

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

Besoin n°2

- A quel moment de la journée ai-je le plus de chance de trouver une borne Belib disponible autour de chez moi ?

Objectif n°2

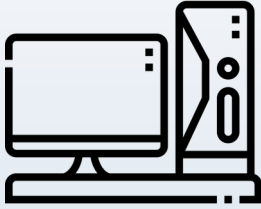
- Affichage de l'évolution de la disponibilité des bornes dans des stations favorites



2. Environnement de développement

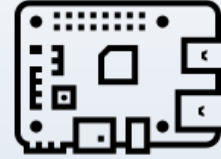
Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

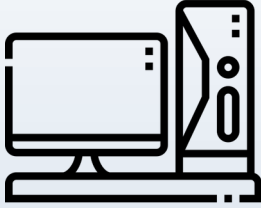
Carte embarquée



CPU aarch64

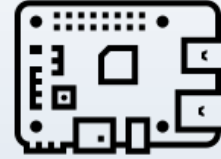
Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Carte embarquée

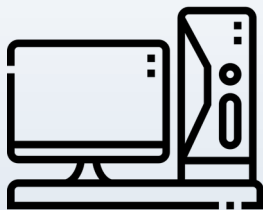


CPU aarch64

Développement du code

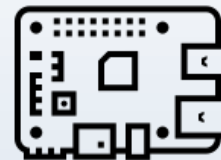
Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Carte embarquée



CPU aarch64

Développement du code



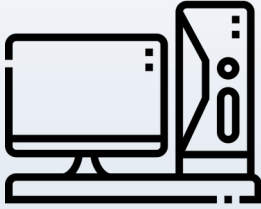
Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)



Création d'exécutables pour aarch64

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

Développement du code



Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)

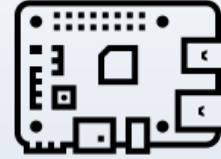


Création d'exécutables pour aarch64

Flashage



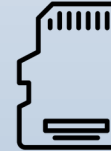
Carte embarquée



CPU aarch64

Test du programme
sur la carte

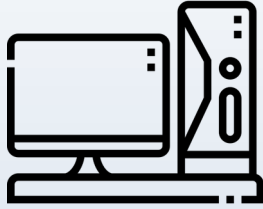
Tracers



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)

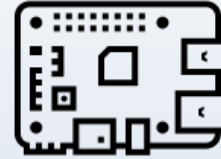


Création d'exécutables pour aarch64

Flashage



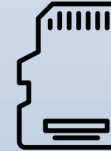
Carte embarquée



CPU aarch64

Test du programme
sur la carte

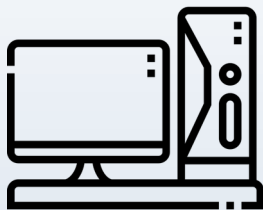
Tracers



Carte mémoire
ou mémoire interne de la carte

Environnement de développement

Station de travail hôte



CPU x86

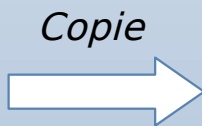
Développement du code



Compilation pour architecture aarch64
(cross-compilation)



Création d'exécutables pour aarch64



Copie

Carte émulée



CPU aarch64

Test du programme
sur la carte

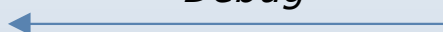
Tracers



Qemu
Emulation d'une carte embarquée
sur notre machine hôte



Debug



3. Mise en œuvre du projet

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



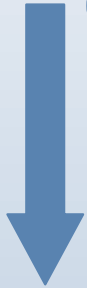
	ID PDC local	Statut du point de recharge	URL Description Point de charge	Heure mise à jour	Coordonnées géographiques	Adresse station
1	FR*V75*EHBSAE*PDA*04*2	Disponible	https://parisdata.opendatasoft.com/...	10 février 2023 04:30	48.846973, 2.2558389	1-3 Av. du Général Sa
2	FR*V75*EHBSAE*PDA*05*3	Disponible	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



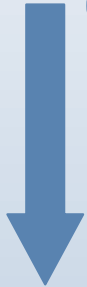
Bdd SQLite

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)

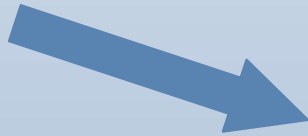


Etape 1 : Récupérer, traiter et
stocker les données



Bdd SQLite

Etape 2 : Lecture des données
et génération des figures



Affichage des figures
sur page web (carte emb)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Statuts des bornes par station

Table *Stations_fav*

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

Création d'une table



Bdd SQLite



Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Récupération et
stockage des données
Python



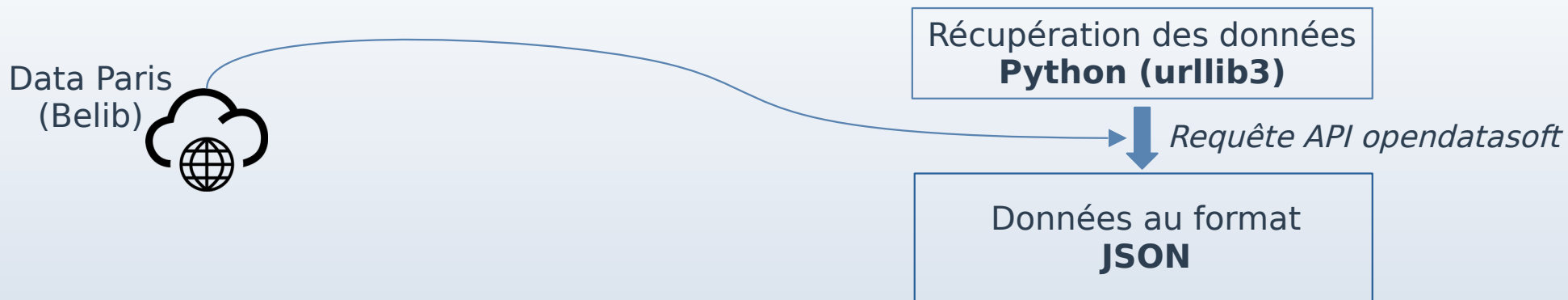
Bdd SQLite


Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

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

Mise en œuvre du projet



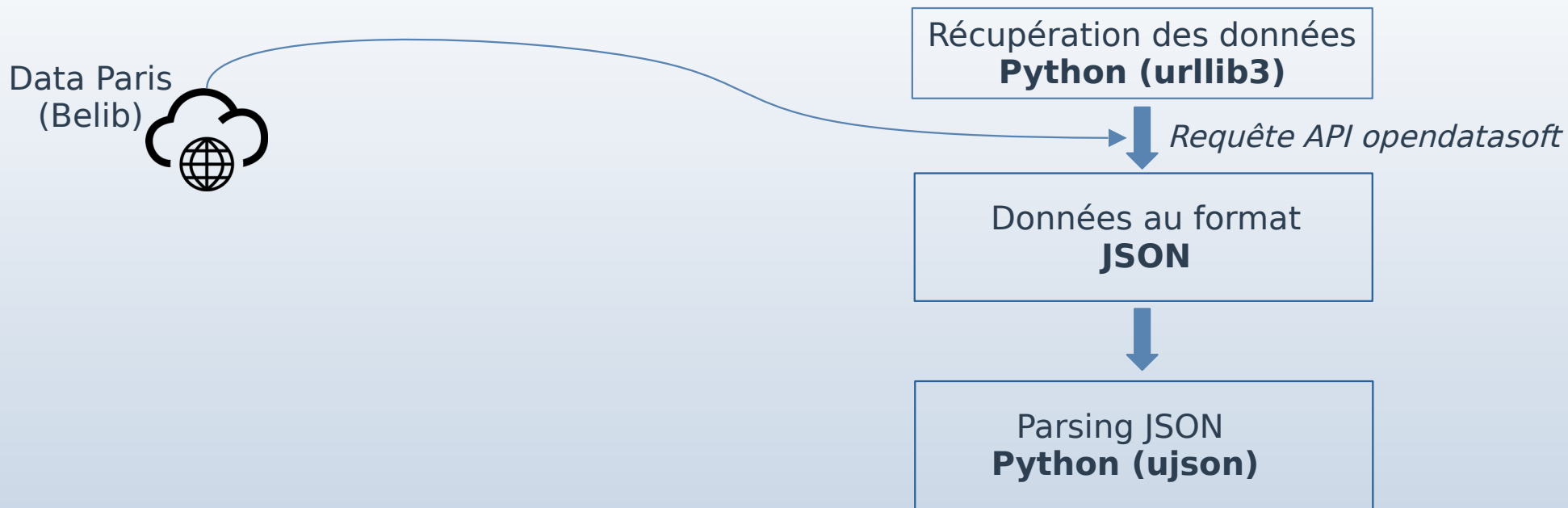

Bdd SQLite


Statuts des bornes par station

Table Stations_fav

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

Mise en œuvre du projet



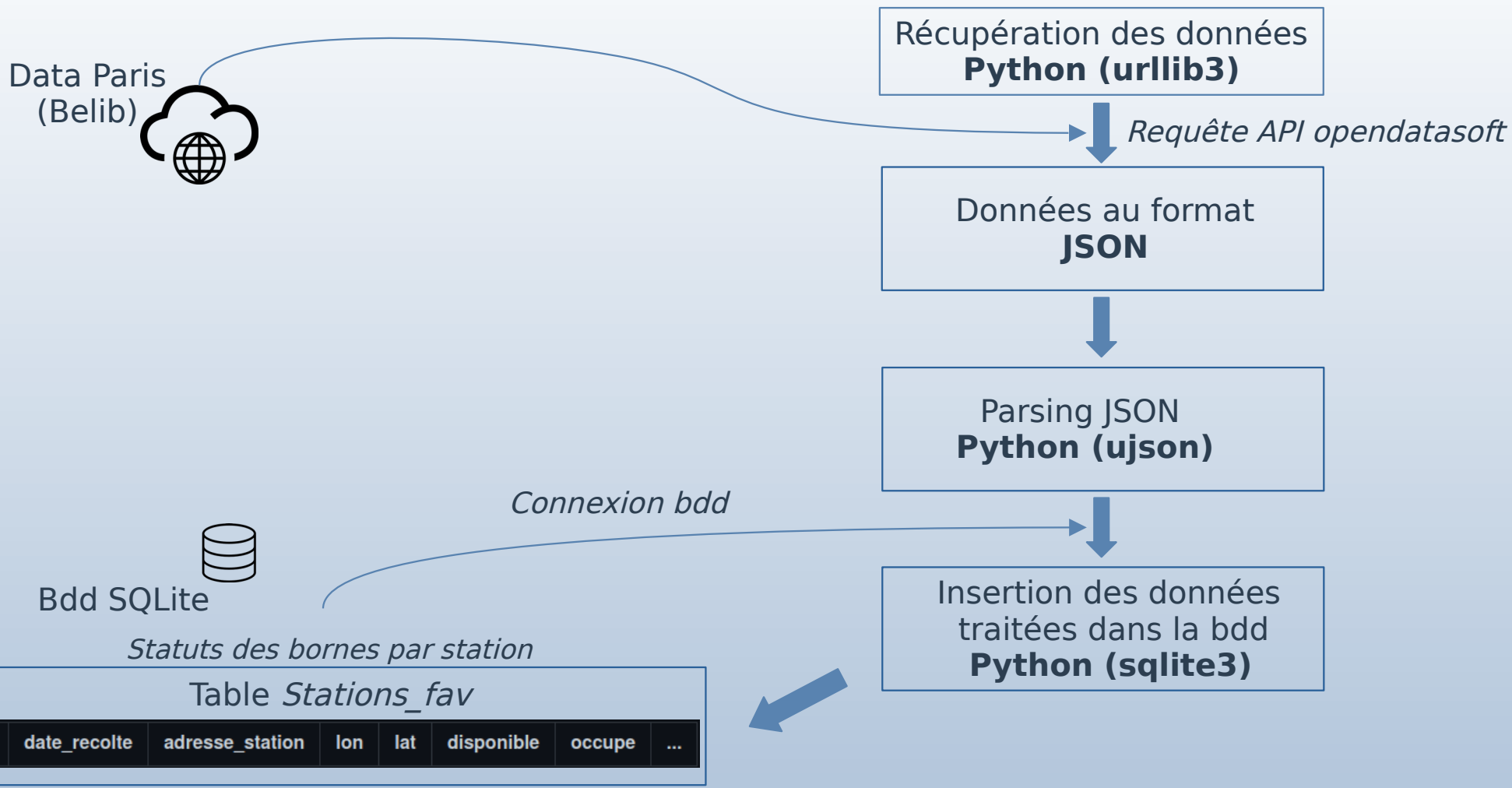

Bdd SQLite

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 (carte emb)

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 (carte emb)

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 (carte emb)

Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données

Programme en
langage C

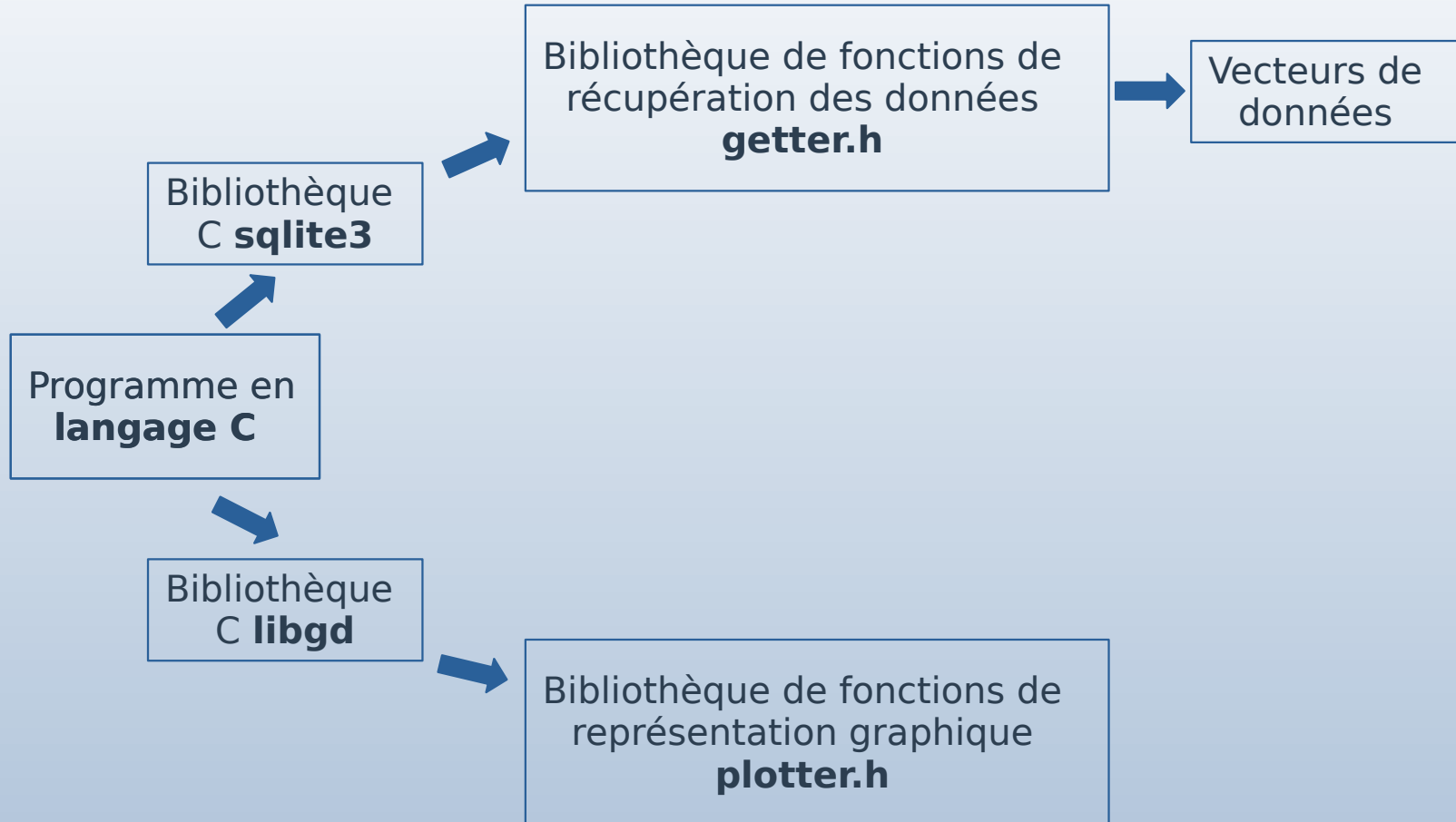
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



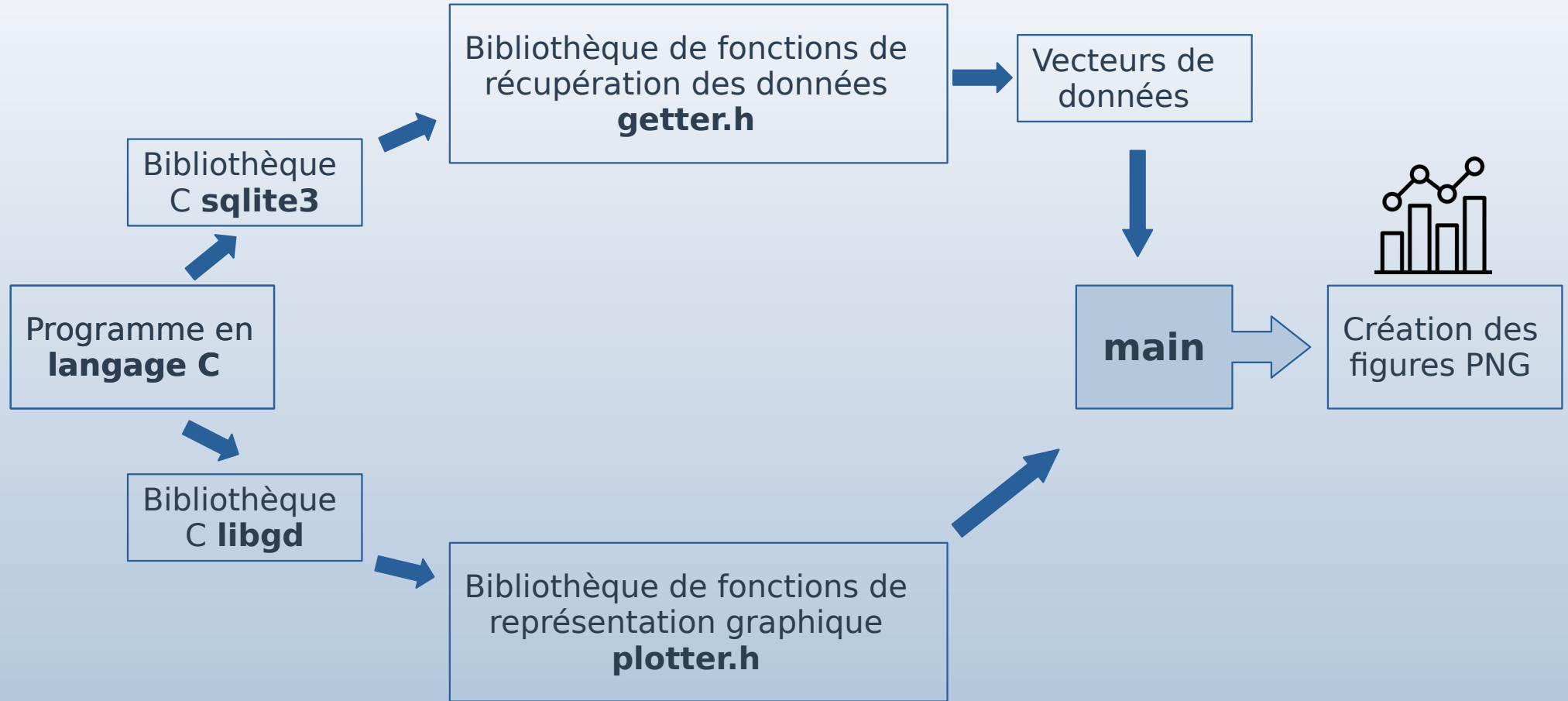
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



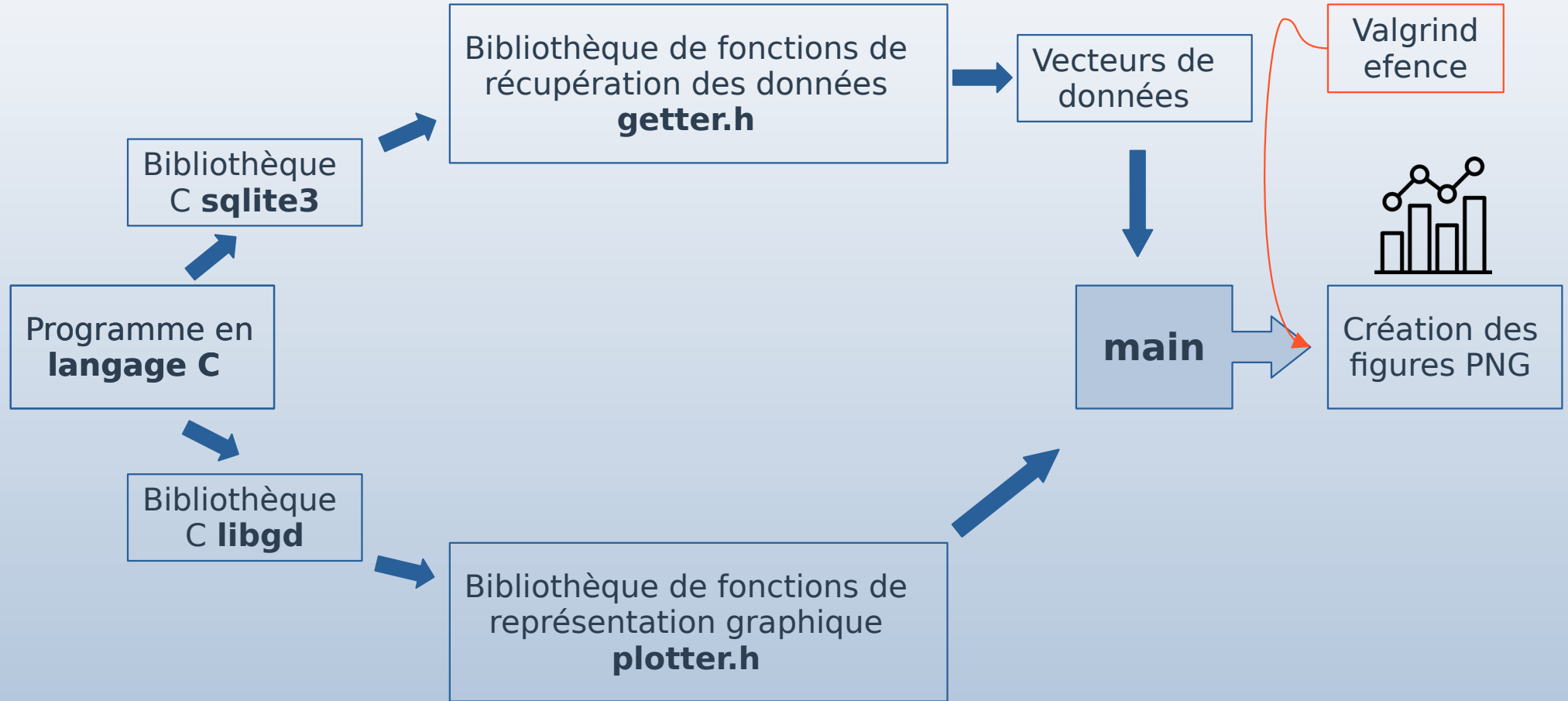
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



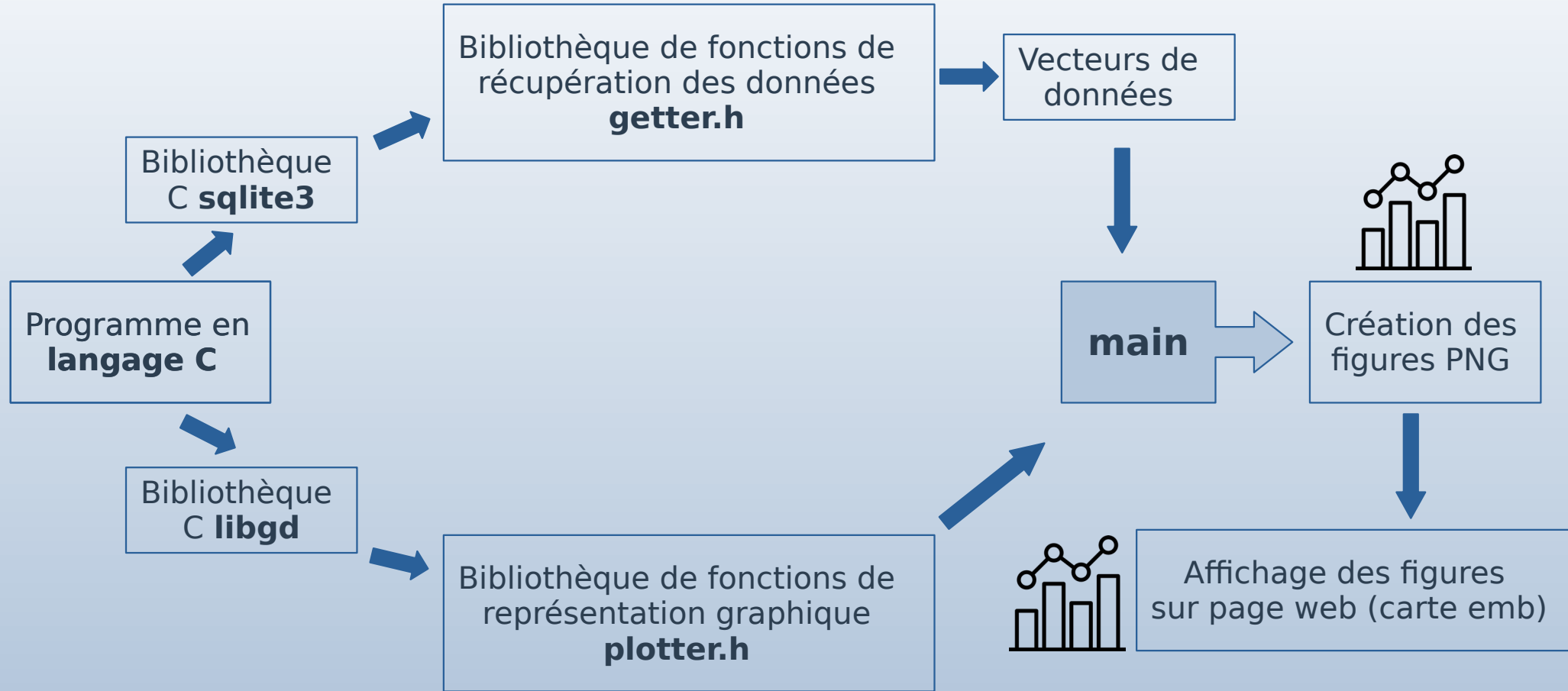
Mise en œuvre du projet

Lecture et visualisation des données



Mise en œuvre du projet

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 (carte emb)

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 (carte emb)

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 (carte emb)

Mise en œuvre du projet

Data Paris
(Belib)



Processus automatisé



Shell script exécuté toutes les heures (**crontab**)
+ génération de logs si problèmes

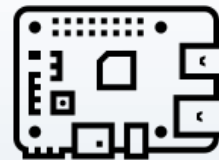


Affichage des figures
sur page web (carte emb)

4. Environnement embarqué

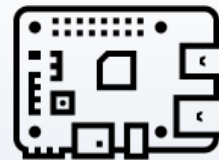
Environnement embarqué

- 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 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** : calque l'architecture Linux
 - Configuration des services au démarrage : **crontab**, **ssh**, **httpd**
 - Logiciels cross-compilés et scripts du projet
 - Pages html (+ css)



Environnement embarqué

Quelques stats

- 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 linux
 - Configuration des services au démarrage : **crontab**, **ssh**, **httpd**
 - Logiciels cross-compilés et scripts du projet
 - Pages html (+ css)

```
root@Rpi3:~# free -h
```

	total	used	free
Mem:	114.8M	23.2M	71.4M

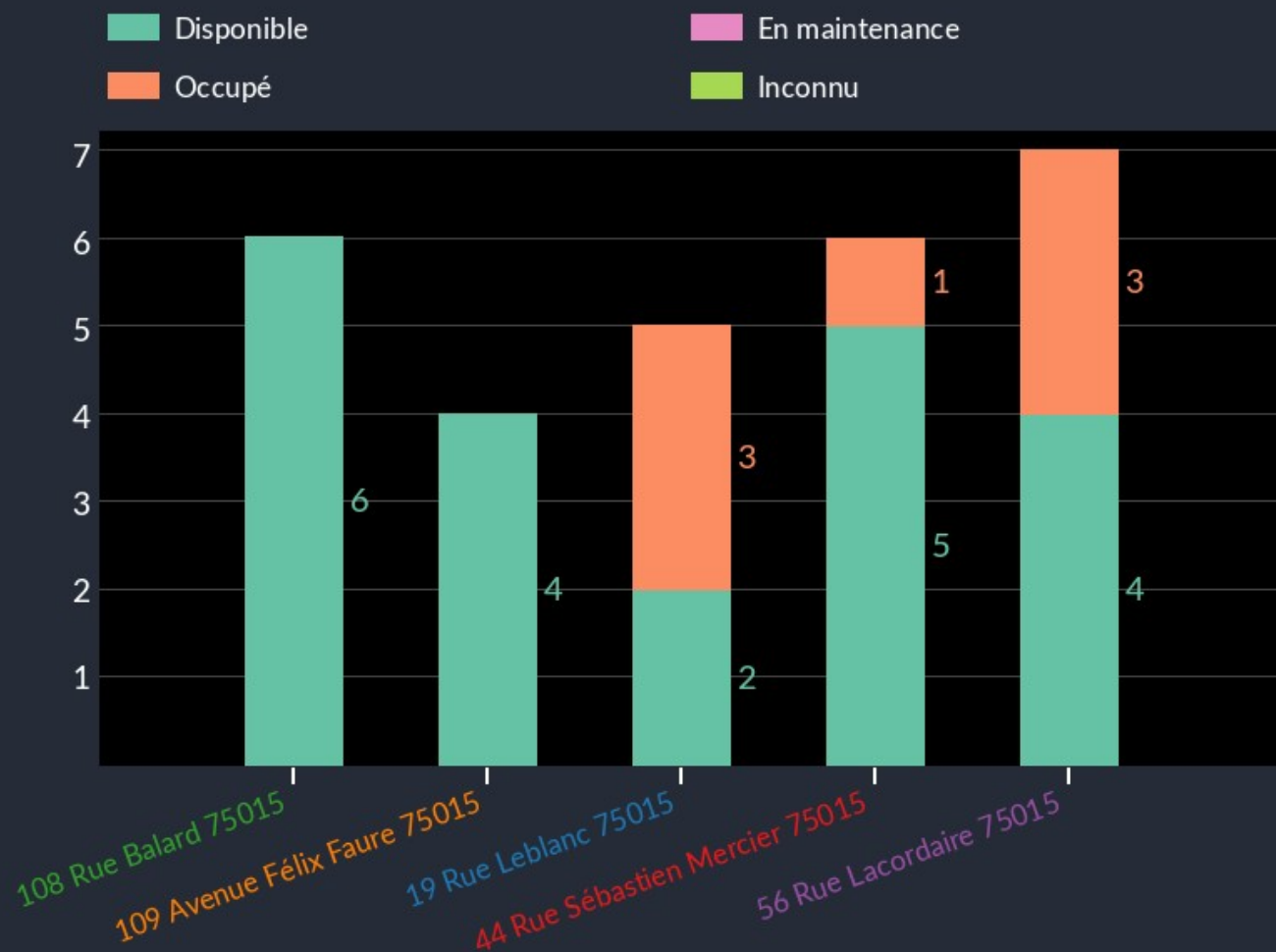
```
root@Rpi3:~# df -h
```

Filesystem	Size	Used	Available	Use%
ed on				
/dev/root	51.1M	41.1M	5.8M	88%

5. Aperçu des résultats

Aperçu des résultats

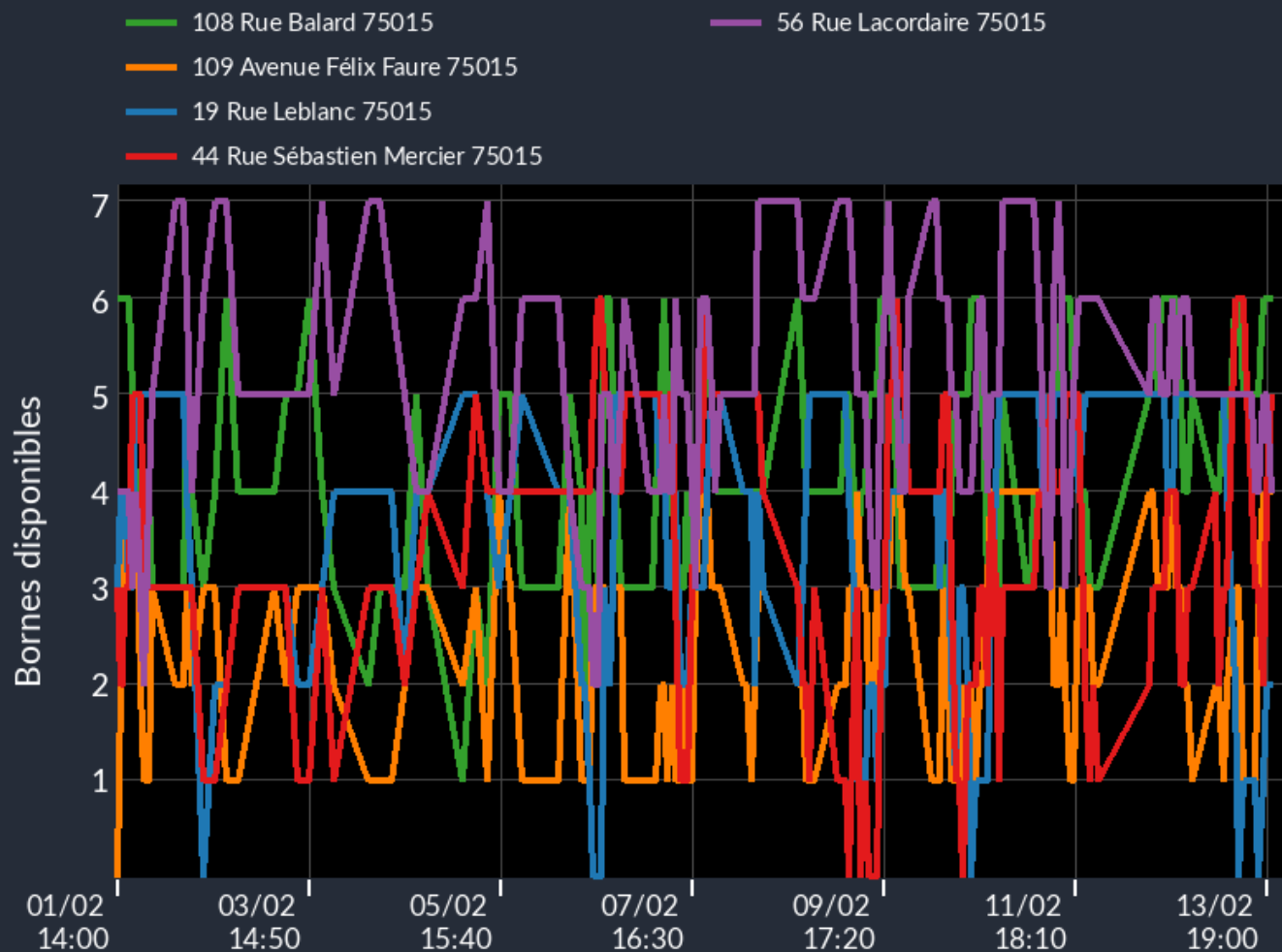
Fig 1 : Instantané des statuts
des bornes pour les stations favorites



Disponibilité des bornes Belib (stations favorites)
le 13/02/23 à 19:00

Aperçu des résultats

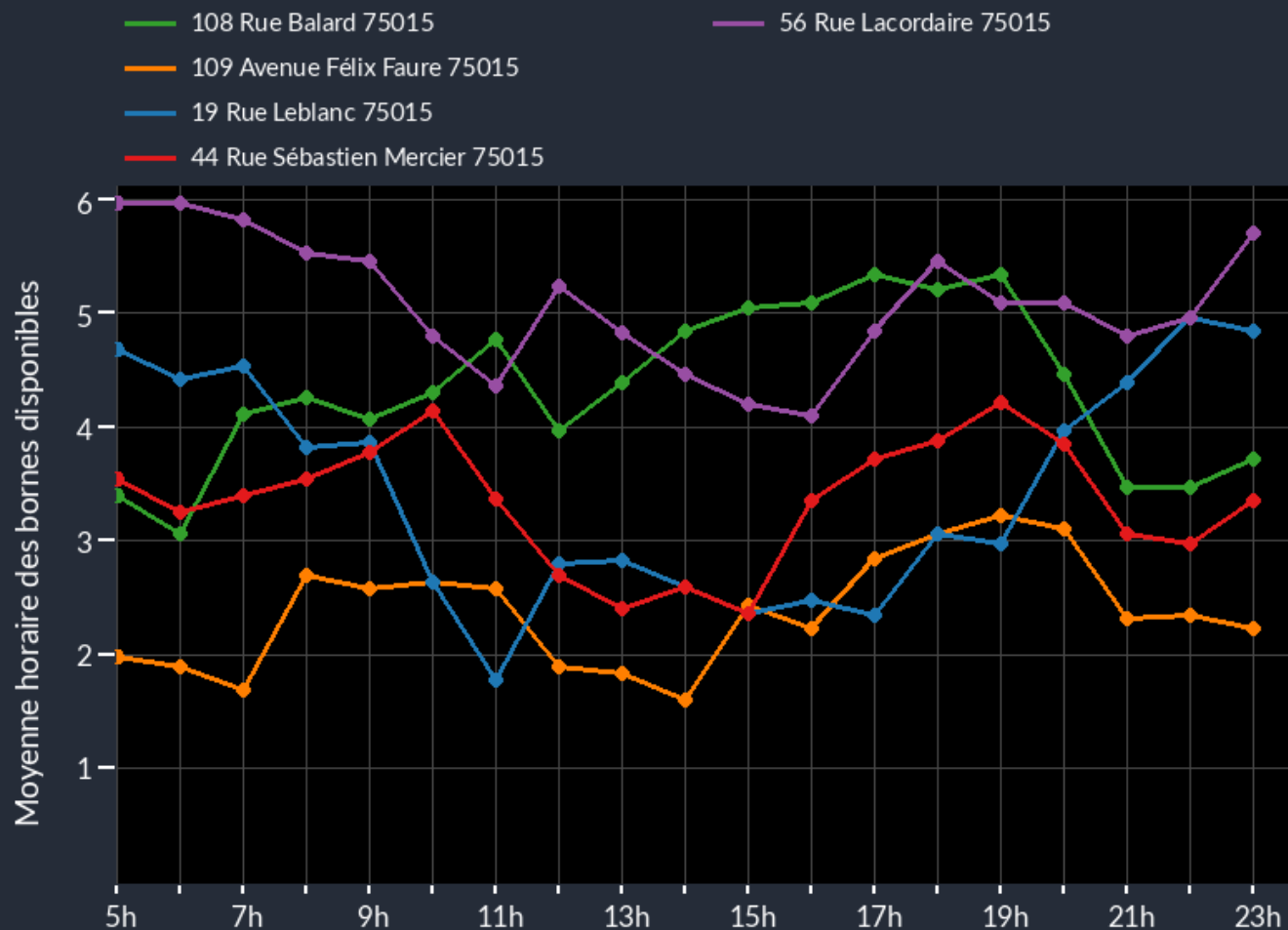
Fig 2 : Historique de la disponibilité
des bornes pour les stations favorites



Évolution du nombre de bornes Belib disponibles (stations favorites)
du 01/02/23 au 13/02/23

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 13/02/23

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

➤ Lien github : https://github.com/bauj/AJC_projet_belib

➤ Documentation Doxygen

RecuperationDataBelib V1.0
Programme de récupération des données et de stockage dans db SQLite3 pour les data Belib

Q Search

recup_data_belib_gemu

recuperation_data_belib

adresse_to_lon_lat

clean_table

create_connection

def_row_general

def_station

get_lon_lat_from_coordxy

iterator_data_bornes

iterator_data_general

iterator_data_stations

make_mapbox

transform_dict_station

update_all_bornes

update_bornes_around_adresse_live

update_bornes_around_pos

update_general

action

adresse_live

args

bornes

Functions

def iterator_data_general (data_general)

def iterator_data_bornes (n, raw_data_all_bornes)

def iterator_data_stations (n, list_stations_pref)

def create_connection (path_db)

def update_all_bornes (path_db)

def get_lon_lat_from_coordxy (str_coordxy)

def def_station (daterecolte_, adr, lon, lat, n_dispo, n_occup, n_inc, n_main, n_del=0, n_res=0, n_encours_mes=0, n_mes_plan=0, n_nonimp=0)

def def_row_general (daterecolte_, n_dispo, n_occup, n_inc, n_main, n_del=0, n_res=0, n_encours_mes=0, n_mes_plan=0, n_nonimp=0)

def transform_dict_station (list_records)

def update_bornes_around_pos (path_db, table, pos_lat, pos_lon, dist)

recuperation_data_belib

Generated by **doxygen** 1.9.1

TraitementDataBelib V1.0
Programme de création de figures en relation avec les données Belib

Q Search

TraitementDataBelib

Data Structures

Data Structures

BarData_s

Date_s

Datetick_s

Figure_s

fLineData_s

Font_s

LineData_s

LineStyle_s

Data Structure Index

Data Fields

Files

Figure_s Struct Reference

Structure stockant un ensemble de structures (Struct bardata, linedata ou flinedata) et de données relatives à la création d'une figure. [More...](#)

#include <plotter.h>

Collaboration diagram for Figure_s:

```
graph TD; Figure_s[Figure_s] -.->|bardata| BarData_s[BarData_s]; Figure_s -.->|linedata| LineData_s[LineData_s]; Figure_s -.->|flinedata| fLineData_s[fLineData_s]; Figure_s -.->|fonts| Font_s[Font_s]; Figure_s -.->|linestyle| LineStyle_s[LineStyle_s];
```

Data Fields

gdImage * img

size_t nb_linedata

Figure_s

Generated by **doxygen** 1.9.1

Perspectives et conclusion

- Projet formateur
 - Application des différents concepts étudiés
 - Gestion de plusieurs tâches, recherche de documentation, utilisation de bibliothèques rudimentaires
 - Délai : ~12 jours
- Pour aller plus loin ...
 - Portage sur **Yocto** avec carte Raspberry Pi en cours, ajout d'un capteur GPS ...
 - Projet pouvant être porté sur écran (via libgl 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