

TP4 : Application IoT

Gilles Menez - UNS - UFR Sciences - Dépt. Informatique

14 février 2022

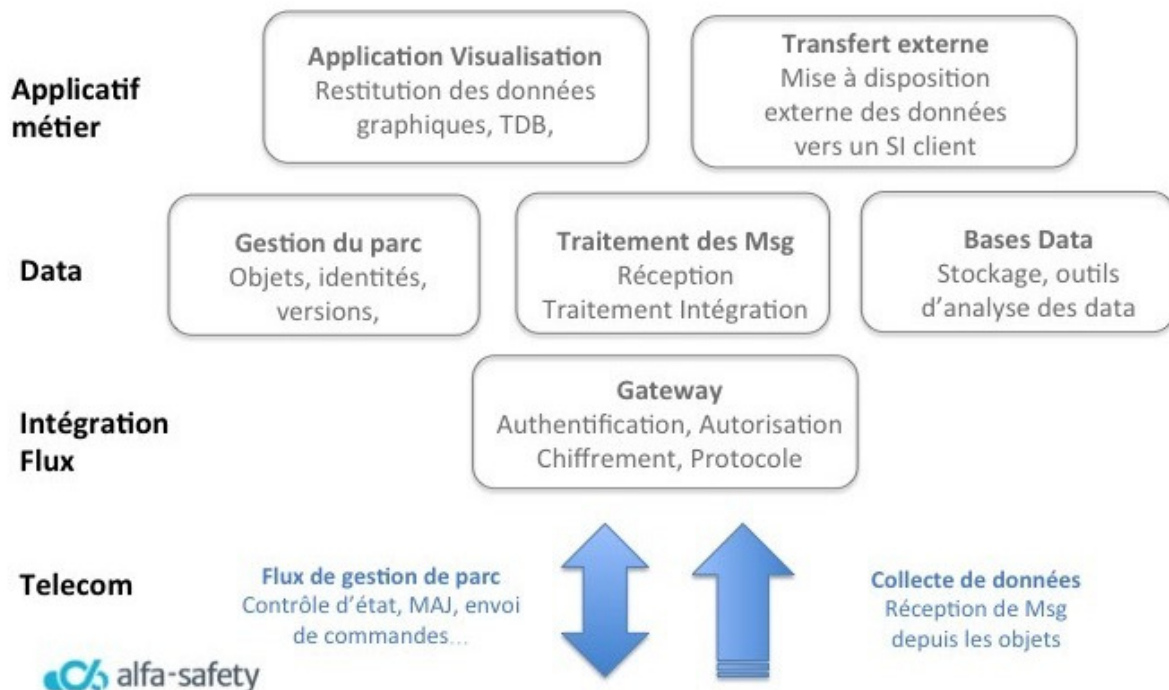
1 Architecture d'une application IoT

Une infrastructure d'IOT repose généralement sur 3 acteurs :

- ① un parc d'objets connectés fixes ou mobiles, répartis géographiquement,
- ② un réseau telecom (filaire ou pas ou un peu ou beaucoup) qui va permettre de connecter les objets en transmettant des messages.
- ③ une application qui collecte les "data" du réseau d'objets pour fournir une information agrégée plus ou moins "intelligente" ou pour contrôler un système (un parc éolien par exemple).

1.1 Fonctionnalités

Une telle application comporte des fonctionnalités "classiques" réparties sur différents plans : métier, data, gestion des flux, télécommunications, ...



1.1.1 Gateway : intégration des flux

La fonction Gateway est la "porte d'échange" des messages entre l'application et le parc des objets, **elle s'interface avec le réseau de télécommunications** (via le support de protocoles "application" de type MQTT / HTTP / ...) et se charge tout particulièrement de la sécurité :

- ✓ Authentifier et autoriser les objets à dialoguer avec l'application.
- ✓ Contrôler l'intégrité des données et donc empêcher que l'on puisse injecter des jeux de données fictives à partir d'objets illégitimes (c'est le minimum!)
- ✓ Préserver la confidentialité des échanges par exemple par un chiffrement.

L'implémentation de la sécurité dépendra du protocole et du mode de dialogue retenu.

Bien souvent cette sécurité viendra alourdir les coûts de traitements et de transmissions et par conséquent le coût énergétique.

- ✓ Il y a là des arbitrages à faire selon la nature de l'application.

En exploitation, on veillera à mettre en oeuvre une supervision applicative adaptée qui permettra de détecter toute anomalie des flux de messages : Le minimum est de détecter les coupures de transmission!?

1.1.2 Le traitement des messages

Dans le contexte des traitements opérés sur l'information qui remonte des objets, **la question de la volumétrie est critique**.

- ✓ Même si à un instant donnée cette fonctionnalité semble correctement dimensionnée, elle (cette fonction) doit pouvoir absorber (réceptionner, traiter et intégrer) **un volume de messages très fluctuant**.

"Fluctuant" parce les objets transmettent l'état du monde réel/physique et que si cet état évolue, le volume de données à de grande chance d'évoluer car les techniques d'échantillonnages sont souvent (très) réactives à des événements ou à des variations.

Sur une échelle de temps "plus maitrisable" l'augmentation du parc d'objets engendre aussi une fluctuation de la volumétrie.

- ✓ Cette évolution peut remettre en cause l'architecture initiale : cf "le besoin MQTT"!

1.1.3 La gestion du parc

Un parc d'objets est en constante évolution : augmentation des capacités techniques, générations de matériels et de logiciels ...

- ✓ La gestion du parc est donc vital : inventaire, status, mise à jour ...

1.1.4 Les bases de données

Le parc d'objets va alimenter l'application d'un flux données qui doit être analyser.

Or cette analyse est d'autant plus pertinente qu'elle s'appuie sur un horizon temporel adapté.

- Pour générer cet horizon, il faut "stocker" ... il faut donc des Bases de Données ... CQFD!

1.1.5 Le serveur d'application

L'objectif d'une application d'IOT est de traiter/analyser puis de présenter les connaissances aux utilisateurs.

- Cette "connaissance" peut consister en des données brutes ou en des résultats d'analyses poussées.
- Souvent une présentation graphique synthétise cela graphiquement sur un "Dashboard".
- Le serveur d'application peut être accédé depuis le Web ou depuis un smartphone ou encore un outil dédié.

L'accès à ce serveur peut être limité si l'audience est ciblée, il peut devenir important sur une audience grand public. Là encore, attention au dimensionnement.

1.1.6 Les transferts externes de data

Un autre mode d'usage des données est de les **transférer vers le SI d'un client qui va à son tour les intégrer pour les exploiter dans son cas d'usage particulier** :

- Un opérateur de service IOT propose à ses clients de s'abonner à un service d'information basé sur son réseau d'objets, les données sont remontées dans le SI du client final qui va s'en servir pour produire ses propres services, comme une société de surveillance ou maintenance qui transmet certaines alarmes à un sous-traitant qui se charge d'intervenir sur site.

Enfin, on veillera ici encore à mettre en oeuvre une supervision applicative efficace des flux et notamment sur le plan des droit d'accès.

1.2 Device Management

1.2.1 A "petite" échelle ...

Les applications IoT permettant des fonctionnalités IoT "limitées" sont généralement suffisantes pour les scénarios IoT de base.

Ces application peuvent alors :

- connecter des dispositifs et des capteurs au nuage/cloud,
- surveiller et collecter des données,
- et fournir une visualisation du projet IoT.

Nous voyons un certain nombre de ces plates-formes IoT proposées par des fabricants de matériel qui les introduisent en complément ou dans le cadre de leur offre de matériel.

Les plates-formes IoT de "base" sont "suffisantes" pour les projets IoT de petite et moyenne envergure .

La domotique rentre typiquement dans cette catégorie d'applications :

- peu d'objets,
- peu de diversités d'objets,
- peu de réseaux,
- peu de protocoles,
- des distances réduites,
- ...

en résumé, une complexité et une diversité restreinte.

Si on devait faire une analogie avec le monde des machines, **la domotique est l'équivalent d'une salle machines/PC telle que celle de TP** et on **mesure bien la complexité réelle MAIS limitée** d'une plateforme/application logicielle permettant la gestion d'une telle salle.

1.2.2 A "grande" échelle

Un tel scénario/configuration peut rapidement évoluer et se compliquer !

Si il y a plusieurs salles machines, sur des sites différents avec des réseaux hétérogènes, avec des machines de natures (Hardware/OS) différentes, avec des fonctions différentes (serveurs, gateway, ...) ...

Pour les scénarios IoT à grande échelle (Smartcity, Farming,...) on retrouve toutes ces problématiques (amplifiées) :

- La maintenance du flux d'information sensé remonté vers le centre du réseau nécessite une véritable **plateforme de gestion** des objets.

Cette plateforme va devoir gérer de nouvelles fonctionnalités telles que la connexion, la gestion et l'intégration de milliers de périphériques et de capteurs.

L'offre commerciale qui suit montre bien les différences entre les fonctionnalités d'une plateforme "générique" ne nécessitant pas et n'abordant pas ces problématiques et une plateforme de plus grande échelle :

Device Management – a MUST component of IoT Platform



Features	Friendly's Device Management	Generic IoT Platform
Provisioning	✓ Fully Automated	✗ Minimal Capability
Management of Devices with Complex Data Models	✓ Yes	✗ No
Types of Managed Devices	✓ Any type of device	✗ MQTT Devices Only
Remote Configuration	✓ Fully Automated	? Minimal Capability
Monitoring & Event Triggering	✓ Yes	✓ Yes
Data Collection	✓ Yes	✓ Yes
Group Update	✓ Yes	✗ No
Firmware Upgrade	✓ Yes	✗ No
Device Diagnostics & Repair	✓ Yes	✗ No
Application	✓ Integration with 3rd Party	✓ Yes

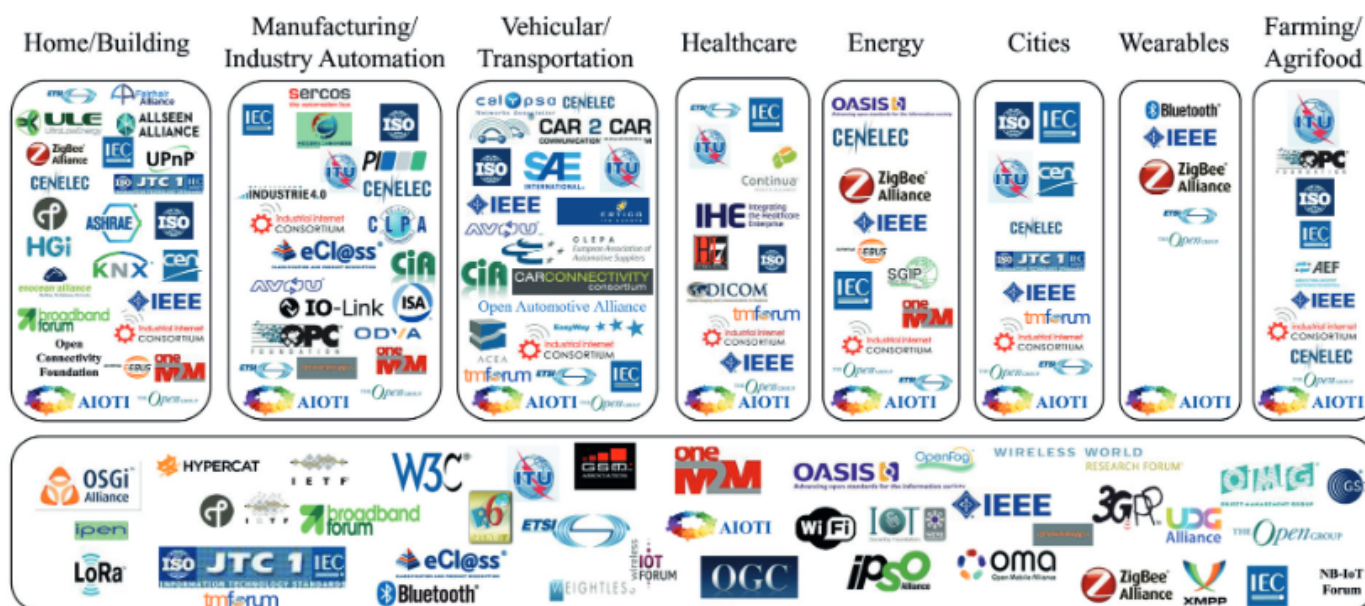
* provisioning : <https://medium.com/alvarium/iot-device-provisioning-671131600ab1>

2 Les tentatives de standardisation

On a évoqué en cours la problématique de solutions IoT développées en silos ... avec autant de "standards".

La complexité de la tâche est grande notamment parce que le problème a plusieurs dimensions :

- ① Il y a les domaines d'applications représentés verticalement.
Ils sont certainement anciens, éventuellement avec des contraintes spécifiques.
- ② Horizontalement, les infrastructures de télécommunications qui cherchent à répondre aux besoins et à capter ces flux.
Jusqu'au niveau où Internet met tout le monde d'accord, **les technologies et les protocoles sont multiples et potentiellement concurrentes**.
- ③ Et enfin il y a le "business", dimension sous jacente à tout "marché" qui fait par exemple que l'utilisateur se retrouve avec des dizaines de standards différents de prises USB ;-)



Cette figure liste les acteurs intervenants dans ces domaines.

Deux types d'acteurs :

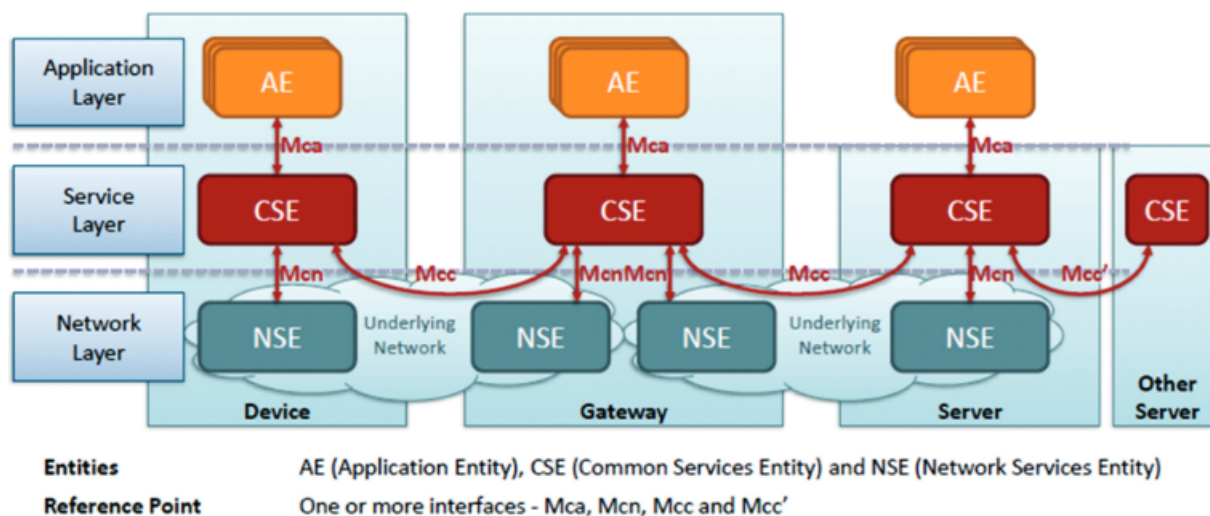
- **Standards Developing Organization (SDOs)** qui développent et proposent des standards (plutôt technologiques) de l'IoT,
- et des **"alliances"** dont certaines ont bien compris qu'un standard pouvait aussi être "de fait" et qui peuvent servir (lorsqu'elles agglomèrent des industriels) des objectifs plutôt commerciaux, marketing, promotionnels, ...

2.1 OneM2M ?

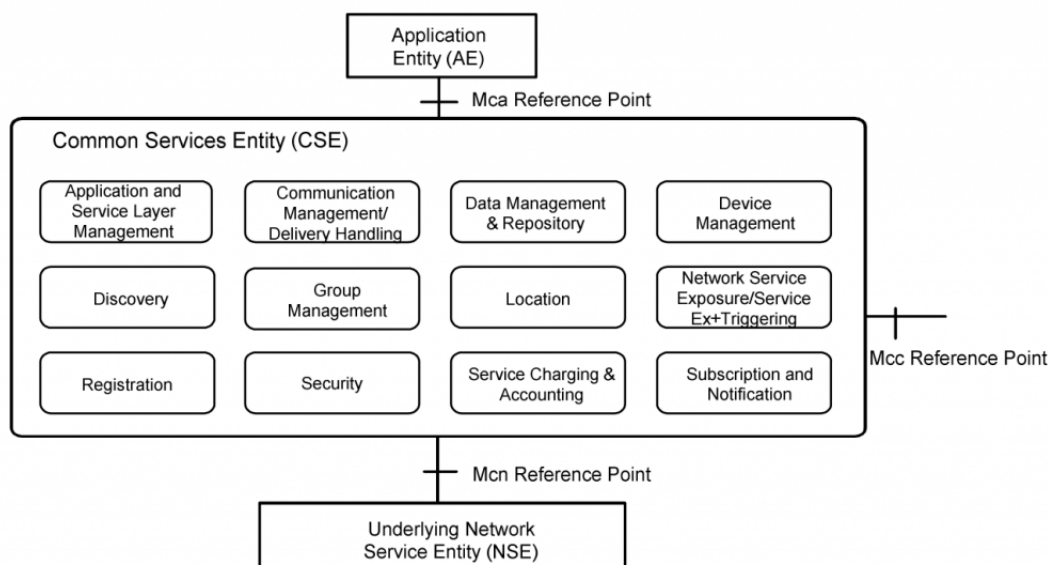
OneM2M est une alliance d'organismes de normalisation (SDOs) qui cherche à développer une plate-forme horizontale unique pour l'échange et le partage de données entre les applications.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6387169/pdf/sensors-19-00676.pdf>

OneM2M permet l'interopérabilité entre les applications IoT, quelle que soit la technologie sous-jacente utilisée.



Pour cela, oneM2M définit une couche de services communs (Common Services Layer) , qui est une couche logicielle située entre le réseau et les applications, que ce soit dans le domaine du réseau étendu ou dans le domaine des fichiers (où les dispositifs et les passerelles sont généralement déployés).



Les fonctions de cette couche de services comprennent :

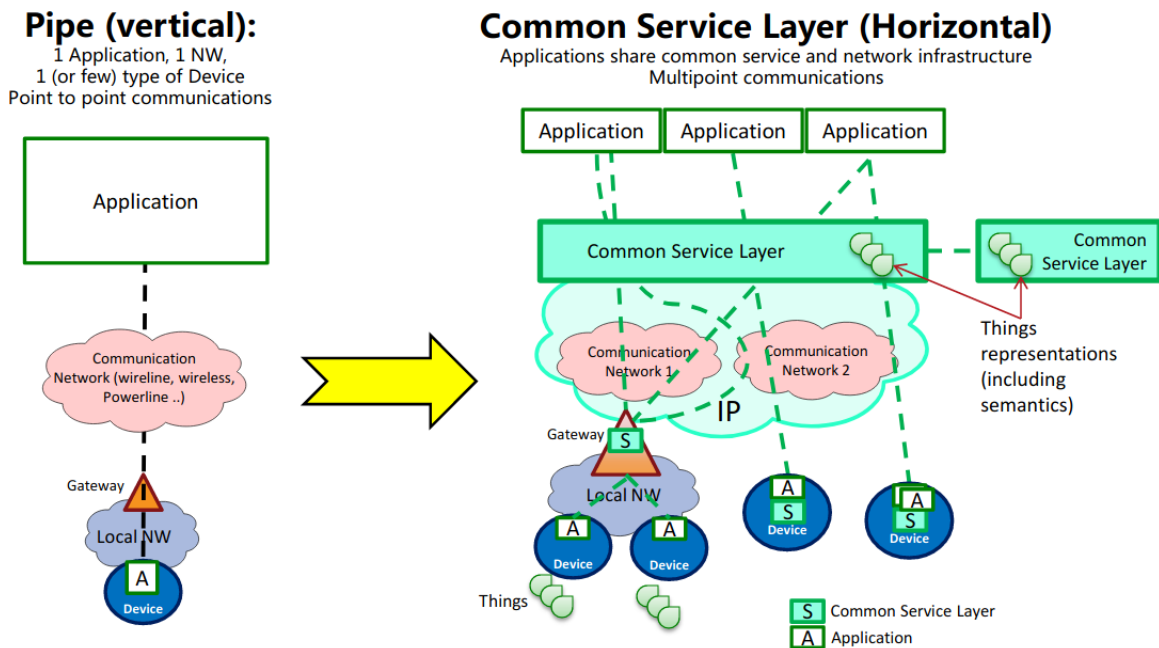
- ✓ la gestion des appareils,
- ✓ la collecte de données,
- ✓ la conversion et l'interopérabilité des protocoles,
- ✓ la gestion de groupe,
- ✓ la sécurité, etc.

<https://www.onem2m.org/getting-started> :

Ces fonctions peuvent être déployées sur un serveur M2M (ou une gateway ou un device) et sont exposées aux applications (dans le nuage, les passerelles ou les appareils) via des API REST qui peuvent ainsi **interopérer** sur cette "base" de services.

oneM2M Positioning

Focuses on the common service layer, while leaves the dev/nwk/app specifics to others



➤ https://www.w3.org/WoT/IG/wiki/images/a/ae/IoT_Standards_Interworking_%26_Collaboration.pdf

Plusieurs implémentations OneM2M sont disponibles :

- <https://onem2m.org/developers-corner/tools/open-source-projects>
- <https://github.com/OpenMTC/OpenMTC>
- <https://www.eclipse.org/om2m/>
- <https://github.com/IoTKETI/Mobius>

Ceci étant, OneM2M n'est pas la seule initiative prônant la standardisation et elle n'a pas que des avantages :

- <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-oneM2M.html>
- <https://aioti.eu/wp-content/uploads/2017/06/AIOTI-HLA-R3-June-2017.pdf>

Un des inconvénients de tout standard est qu'il faut investir en temps pour l'appréhender.

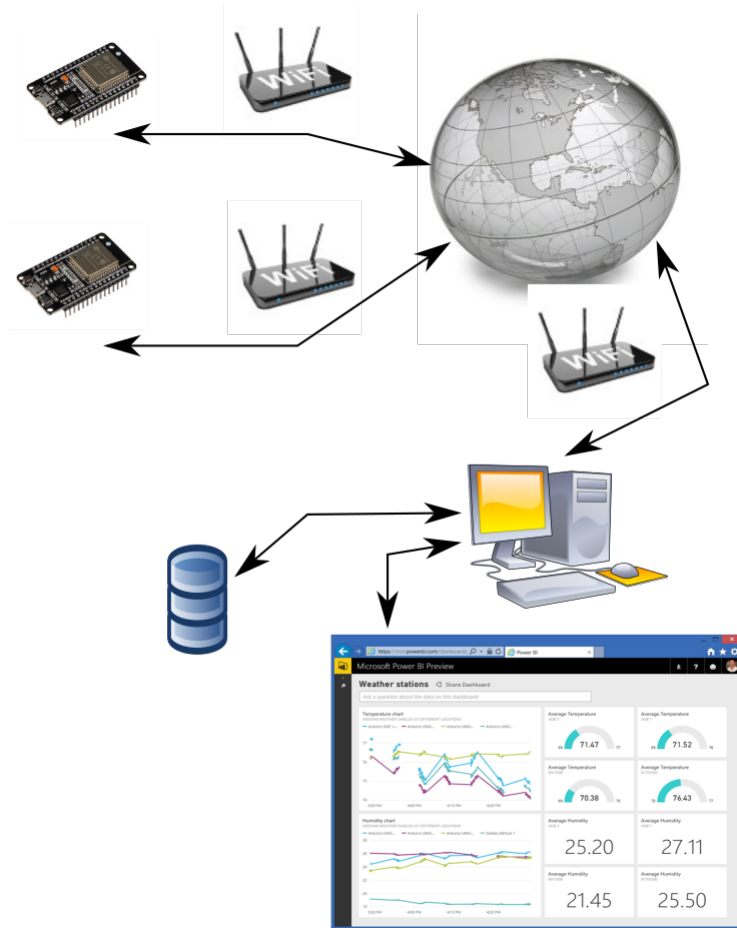
- Comme on n'a absolument pas le temps de faire cela durant cette UE, nous allons faire sans ... c'est dommage ... mais cela permettra de se confronter aux problèmes que proposent de résoudre les standards.

3 Une application "générique"

Pour aborder les problématiques informatiques du domaine de l'IoT pourquoi ne pas essayer de programmer une application un peu générique ?

On "reste" dans une architecture de type :

"des objets (ESP32) <-> 1 réseau <-> Station de monitoring (PC)".



Par rapport aux réalisations précédentes, cette nouvelle application/architecture va se focaliser sur la

① La persistance :

On voit apparaître sur la figure une base de données sans laquelle il n'est pas possible de consolider/-construire un "savoir" (référence au sommet de la "pyramide des connaissances" dans le cours).

② Le déploiement dans le "cloud" :

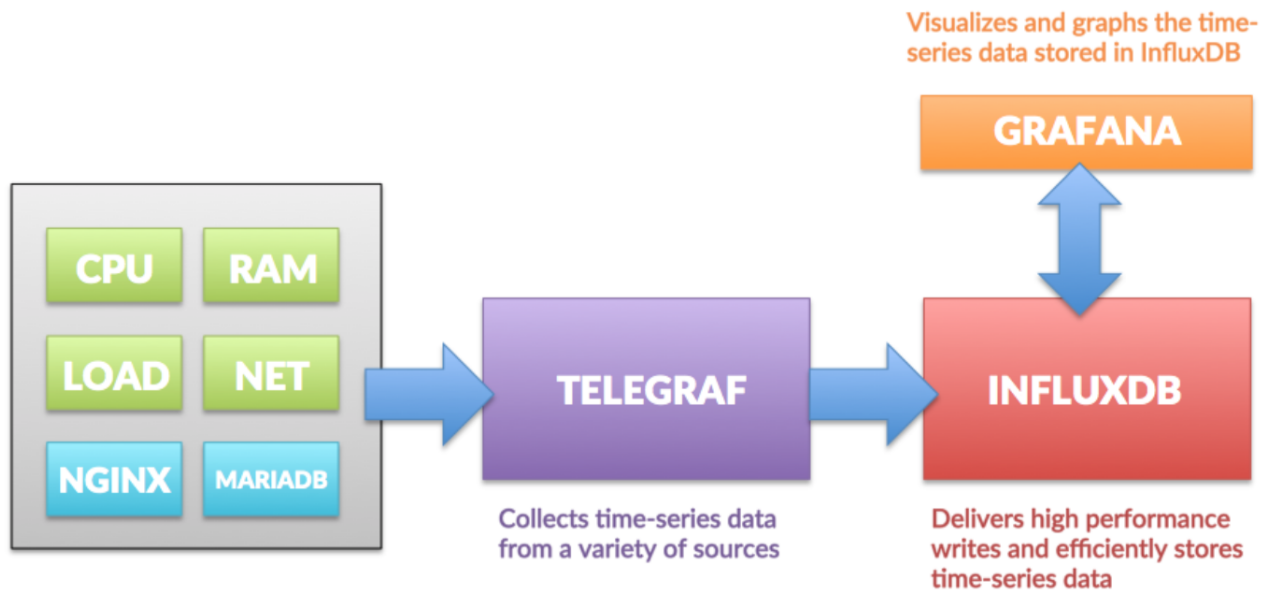
Je n'aime pas trop ce terme mais ... votre application doit désormais exister sur les ressources mises à disposition dans l'espace Internet.

Son accessibilité devra être universelle et permanente !

3.1 TIG

Ce type d'application est suffisamment courant pour qu'une pile d'outils lui soit dédié.

- La stack "TIG" (**T**elegraf, **I**nflux et **G**rafana) est un acronyme désignant une plateforme d'outils open source conçus pour faciliter la collecte, le stockage, la création de graphiques et l'émission d'alertes sur les données de séries temporelles.



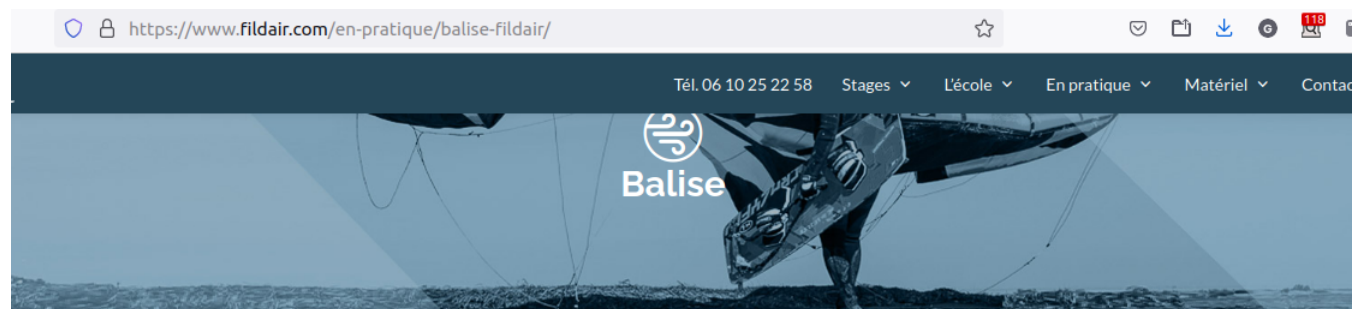
- ① Telegraf est un agent de collecte de métriques.
 - ✓ Utilisez-le pour collecter et envoyer des métriques à InfluxDB.
 - ✓ L'architecture des plugins de Telegraf permet de collecter des métriques à partir de plus de 100 services populaires dès le départ.
- ② InfluxDB est une base de données de séries chronologiques haute performance.
 - ✓ Elle peut stocker des centaines de milliers de points par seconde.
 - ✓ Le langage d'interrogation InfluxDB de type SQL a été conçu spécifiquement pour les séries temporelles.
 - ✓ InfluxQL est un langage d'interrogation très similaire à SQL qui permet à tout utilisateur d'interroger ses données et de les filtrer.

<https://devconnected.com/the-definitive-guide-to-influxdb-in-2019/>
- ③ Grafana est une plateforme open-source pour la visualisation, le suivi et l'analyse des données.
 - ✓ Dans Grafana, les utilisateurs peuvent créer des tableaux de bord avec des panneaux, chacun représentant des métriques spécifiques sur une période donnée.
 - ✓ Grafana prend en charge les panneaux de type graphique, tableau, heatmap et texte libre.

Si vous avez des bitcoins peut être que vous aimeriez surveiller leur cours ?



Sinon vous pouvez aussi surveiller les vents sur l'Étang de Thau ... afin de ne pas rater une session de Kite !

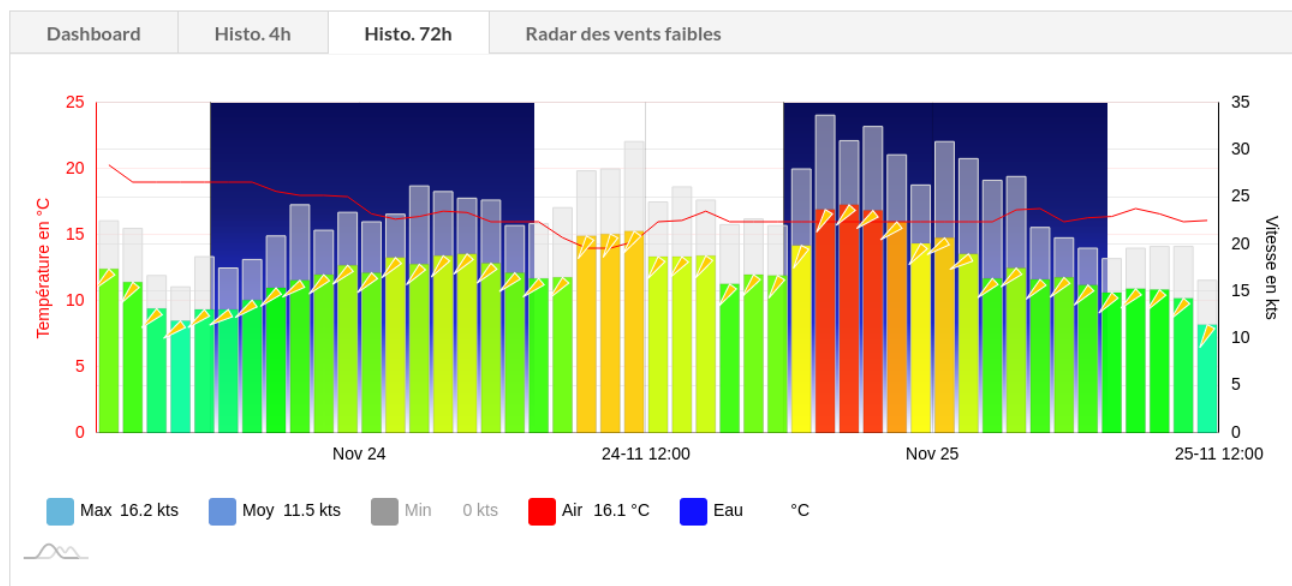


Météo en temps réel de l'étang de Thau

La sonde Fildair du bassin de Thau.

[Prévisions de vent sur le bassin de Thau](#)

Notre sonde relève et fournit des informations en temps réel sur le vent et les températures d'eau et d'air au milieu du bassin de Thau dans le couloir de la Conque de Mèze au Lido de Sète.

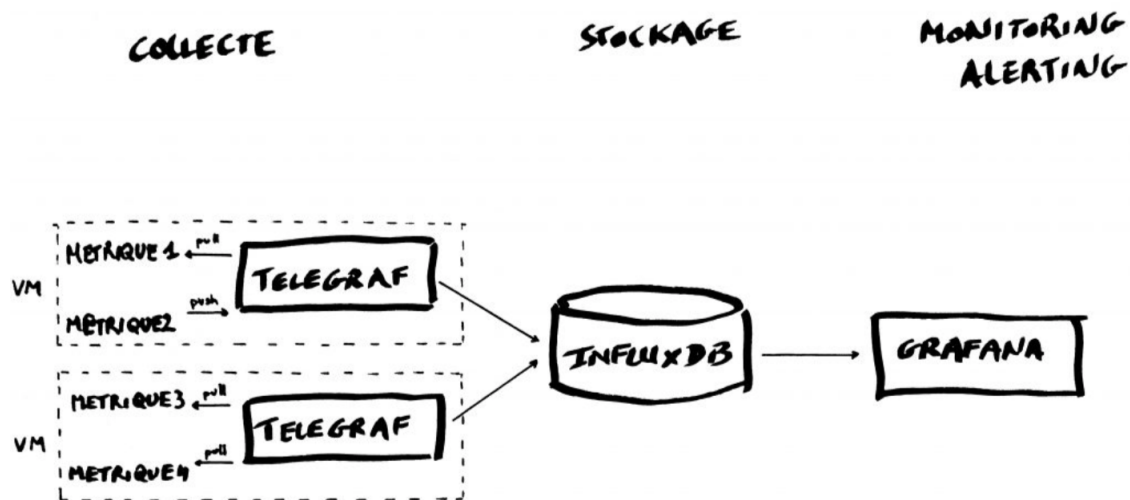


Je trouve le module JS utilisé pour représenter les séries temporelles particulièrement réussi !

La "surveillance"/supervision est une première fonctionnalité mais très rapidement les utilisateurs aimeraient disposer d'une prédiction de vent ou de cours du bitcoin

Ils aimeraient aussi être informé d'un comportement : une rupture, une chute brutale de cours, un vent anormal ...

Ceci n'est faisable que si l'on dispose d'un horizon de la série temporelle qui serait par exemple stocké dans une base de données :



Le site suivant :

<https://hackmd.io/@lnu-iot/tig-stack>

n'aborde pas ces thématiques d'IA mais montre comment déployer une application de surveillance TIG à **partir** d'une approche docker.

Si on avait plus de temps, c'est sûr je vous aurais demandé de m'en faire un compte rendu !

Mais on n'a pas assez de temps :(pour que cela soit obligatoire.

C'est juste si ... vous avez un peu de temps ? au lieu de faire une partie de PS5 ? ...

4 Approche "par la programmation"

Dans ce qui suit nous allons réaliser quelque chose de similaire en utilisant moins d'"outils" et plus de programmation JS.

- Je me méfie toujours un peu des outils car on sait quand on y entre ... moins quand (et si) on peut en sortir et faire sans ?

Les codes de base/démarrage sont donnés ... sur le site.

4.1 ESP : MQTT

Première hypothèse : L'ESP utilise MQTT pour publier ses valeurs.

On aurait pu choisir des mettre en place des POST (HTTP) ... why not ?

4.1.1 esp32_lucioles/esp32_lucioles.ino

Ce code reprend la structure des programmes déjà réalisés. Par contre, **il faudra prêter attention à la syntaxe des messages JSON**.

- Sinon le message ne pourra pas être parsé.

J'ai mis le fichier entier MAIS la seule partie de code "un peu nouvelle" est dans la "Loop" :

```

1  /*
2   * Auteur : G.Menez
3   */
4
5  // SPIFFS
6  #include <SPIFFS.h>
7  // OTA
8  #include <ArduinoOTA.h>
9  #include "ota.h"
10 // Capteurs
11 #include "OneWire.h"
12 #include "DallasTemperature.h"
13 // Wifi (TLS) https://github.com/espressif/arduino-esp32/tree/master/libraries/
    WiFiClientSecure
14 #include <WiFi.h>
15 #include <WiFiClientSecure.h>
16 #include "classic_setup.h"
17 // MQTT https://pubsubclient.knolleary.net/
18 #include <PubSubClient.h>
19
20 /*===== ESP GPIO configuration =====*/
21 /* ----- LED -----*/
22 const int LEDpin = 19; // LED will use GPIO pin 19
23 /* ----- Light -----*/
24 const int LightPin = A5; // Read analog input on ADC1_CHANNEL_5 (GPIO 33)
25 /* ----- Temperature -----*/
26 OneWire oneWire(23); // Pour utiliser une entite oneWire sur le port 23
27 DallasTemperature TempSensor(&oneWire) ; // Cette entite est utilisee par le capteur de
    temperature
28
29
30 String whoami; // Identification de CET ESP au sein de la flotte
31
32 //StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;
33 /*===== MQTT broker/server and TOPICS =====*/

```

```

34 //String MQTT_SERVER = "192.168.1.101";
35 String MQTT_SERVER = "test.mosquitto.org";
36
37 int MQTT_PORT = 1883;
38 //int MQTT_PORT = 8883; // for TLS cf https://test.mosquitto.org/
39
40 //==== MQTT Credentials =====
41 #if 0
42 char *mqtt_id      = "deathstar";
43 char *mqtt_login   = "darkvador";
44 char *mqtt_passwd  = "6poD2R2dx";
45 #else
46 char *mqtt_id      = "deathstar";
47 char *mqtt_login   = NULL;
48 char *mqtt_passwd  = NULL;
49 #endif
50
51 //==== MQTT TOPICS =====
52 #define TOPIC_TEMP "sensors/temp"
53 #define TOPIC_LED  "sensors/led"
54 #define TOPIC_LIGHT "sensors/light"
55
56
57 //==== ESP is MQTT Client =====
58 WiFiClient espClient;           // Wifi
59 PubSubClient client(espClient);
60 //WiFiClientSecure secureClient; // Avec TLS !!!
61 //PubSubClient client(secureClient); // MQTT client
62
63
64 /*===== MQTT CALLBACK =====*/
65
66 void mqtt_pubcallback(char* topic, byte* message, unsigned int length) {
67     /*
68      *   Callback if a message is published on this topic.
69      */
70
71     // Byte list to String ... plus facile a traiter ensuite !
72     // Mais sans doute pas optimal en performance => heap ?
73     String messageTemp ;
74     for(int i = 0 ; i < length ; i++) {
75         messageTemp += (char) message[i];
76     }
77
78     Serial.print("Message:");
79     Serial.println(messageTemp);
80     Serial.print("arrived on topic:");
81     Serial.println(topic) ;
82
83     // Analyse du message et Action
84     if(String(topic) == TOPIC_LED) {
85         // Par exemple : Changes the LED output state according to the message
86         Serial.print("Action: Changing output");
87         if(messageTemp == "on") {
88             Serial.println("on");
89             set_pin(LEDpin,HIGH);
90
91         } else if (messageTemp == "off") {
92             Serial.println("off");
93             set_pin(LEDpin,LOW);
94         }
95     }

```



```

96 }
97
98 /*===== CONNECT and SUBSCRIBE =====*/
99
100 void mqtt_connect() {
101     /*
102      * Subscribe to a MQTT topic
103      */
104     #if 0
105     // For TLS
106     const char* cacrt= readFileFromSPIFFS("/ca.crt").c_str();
107     secureClient.setCACert(cacrt);
108     const char* clcrt = readFileFromSPIFFS("/client.crt").c_str();
109     secureClient.setCertificate(clcrt);
110     const char* clkey = readFileFromSPIFFS("/client.key").c_str();
111     secureClient.setPrivateKey(clkey);
112     #endif
113
114     while (!client.connected()) { // Loop until we're reconnected
115         Serial.print("Attempting MQTT connection ...");
116
117         // Attempt to connect => https://pubsubclient.knolleary.net/api
118         if (client.connect(mqtt_id, /* Client Id when connecting to the server */
119                             mqtt_login, /* With credential */
120                             mqtt_passwd)) {
121             Serial.println("connected");
122         }
123         else {
124             Serial.print("failed ,rc=");
125             Serial.print(client.state());
126
127             Serial.println(" try again in 5 seconds");
128             delay(5000); // Wait 5 seconds before retrying
129         }
130     }
131 }
132
133 void mqtt_subscribe(char *topic) {
134     mqtt_connect();
135     client.subscribe(topic);
136 }
137
138 void setup_mqtt_server() {
139     // set server of our client
140     client.setServer(MQTT_SERVER.c_str(), MQTT_PORT);
141     // set callback when publishes arrive for the subscribed topic
142     client.setCallback(mqtt_pubcallback);
143 }
144 /*===== ACCESSEURS =====*/
145
146 float get_temperature() {
147     float temperature;
148     TempSensor.requestTemperaturesByIndex(0);
149     delay(750);
150     temperature = TempSensor.getTempCByIndex(0);
151     return temperature;
152 }
153
154 float get_light(){
155     return analogRead(LightPin);
156 }
157

```

```

158 void set_pin(int pin, int val){
159     digitalWrite(pin, val) ;
160 }
161
162 int get_pin(int pin){
163     return digitalRead(pin);
164 }
165
166
167 /*===== SETUP =====*/
168 void setup () {
169     Serial.begin(9600);
170     while (!Serial); // wait for a serial connection. Needed for native USB port only
171
172     // Connexion Wifi
173     connect_wifi();
174     print_network_status();
175
176     /* Choix d'une identification pour cet ESP ——*/
177     // whoami = "esp1";
178     whoami = String(WiFi.macAddress());
179
180     // Initialize the LED
181     setup_led(LEDpin, OUTPUT, LOW);
182
183     // Init temperature sensor
184     TempSensor.begin();
185
186     // Initialize SPIFFS
187     SPIFFS.begin(true);
188
189     setup_mqtt_server();
190     mqtt_connect();
191 }
192
193 /*===== LOOP =====*/
194
195 void loop () {
196     static uint32_t tick = 0;
197     char data[80];
198     String payload; // Payload : "JSON ready"
199     int32_t period = 6 * 1000; // Publication period
200
201     /*—— subscribe to TOPIC_LED */
202     mqtt_subscribe((char *) (TOPIC_LED));
203
204     if ( millis() - tick < period)
205     {
206         goto END;
207     }
208
209     Serial.println("End of stand-by period");
210     tick = millis();
211
212     /* Publish Temperature periodically */
213     payload = "{\"who\": ";
214     payload += whoami;
215     payload += "\", \"value\": ";
216     payload += get_temperature();
217     payload += "}";
218     payload.toCharArray(data, (payload.length() + 1)); // Convert String payload to a char
        array

```

```

219 |
220 | Serial.println(data);
221 | client.publish(TOPIC_TEMP, data); // publish it
222 |
223 | /* char tempString[8];
224 |    dtostrf(temperature, 1, 2, tempString);
225 |    client.publish(TOPIC_TEMP, tempString); */
226 |
227 | /* Publish Light periodically */
228 | payload = "{\"who\":␣" + whoami + "\",␣\"value\":␣" + get_light() + "}";
229 | payload.toCharArray(data, (payload.length() + 1));
230 |
231 | Serial.println(data);
232 | client.publish(TOPIC_LIGHT, data);
233 |
234 | END :
235 | // Process MQTT ... obligatoire une fois par loop()
236 | client.loop();
237 | }

```

A partir ligne 193 : La loop ...

- ① L'ESP souscrit au topic LED
- ② Il publie sur les topics TEMP et LIGHT.

Le message (payload) respecte la notation JSON!

Dans le message, on trouve l'identification ("who") et la valeur ("value") du capteur (associé au topic).

Ce schéma de communication pourrait être remis en cause ... on pourrait faire moins de publish (en fonction de la valeur de la variation!) ... sur un seul topic (en modifiant le schéma JSON)?

- Au niveau des principes, cela ne changerait pas grand chose!
- En terme de performances, ... faut voir!?

Par contre, j'espère que vous ferez mieux en terme de construction du JSON!

- On peut écrire la même chose bien plus élégamment avec la bibliothèque "ArduinoJSON".
- "Soyons fou" ... et si vous faisiez une fonction qui rende le "statut" JSON de l'ESP?

4.1.2 TODO : To Verify !

On lance tout ça !

- On vérifie que l'ESP émet régulièrement et que l'information arrive jusqu'au PC.

On fait cela avec les commandes Shell de mosquitto :

The screenshot shows an Arduino IDE window with the following code for an ESP32:

```

esp32_lucioles
//StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;

/*===== MQTT broker/server and TOPICS =====*/
const char* mqtt_server = "192.168.1.101";
#define TOPIC_TEMP "sensors/temp"
#define TOPIC_LED "sensors/led"
#define TOPIC_LIGHT "sensors/light"

/*===== SETUP =====*/
void setup() {
  // Gpio
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  // Serial
  Serial.begin(9600);
  // Wifi
  connect_wifi();
  // Mqtt
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  // set callback when publishes arrive for the subscri
  client.setCallback(mqtt_pubcallback);
}

/*===== CALLBACK =====*/
void mqtt_pubcallback(char* topic, byte* message, unsigned int length) {
  // Callback if a message is published on this topic.
  Serial.print("Message arrived on topic: ");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("\n Message: ");

  // Byte list to String and print to Serial
  String messageTemp;
  for(int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)message[i]);
    messageTemp += (char) message[i];
  }
  Serial.println();

  // Feel free to add more if statements to control more GPIOs with MQTT
  // If a message is received on the topic,
  // you check if the message is either "on" or "off".
  // Changes the output state according to the message

  if(String(topic) == TOPIC_LED) {
    Serial.print("Changing output to: ");
    if(messageTemp == "on") {
      Serial.println("on");
    }
  }
}

```

The terminal window shows the following output:

```

Connecting Wifi to
HUAMEI-BEC2
Attempting to connect ..
WiFi connected !
IP address: 192.168.1.100
MAC address: 80:7D:3A:FD:E8:E8
Attempting MQTT connection...connected
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 20.94}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1753.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 20.94}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1787.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 21.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1679.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 20.94}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1617.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 20.94}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1653.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 21.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1585.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 21.00}
{"who": "80:7D:3A:FD:E8:E8", "value": 1527.00}

```

Remarque :

Sur la figure j'utilise mon broker, **mais dans le code** : "test.mosquitto.org"

Cette liaison (ESP<->Broker) manque toujours cruellement de sécurité ... vu que je n'ai pas réussi à faire tourner MQTT TLS/SSL sur Arduino IDE :-)

4.2 Javascript V0 : Gestion des messages MQTT

L'objectif de cette première version est de pouvoir mémoriser les échantillons produits par l'ESP :

- Pour les traiter, les analyser ou pour les afficher (plot).

On va utiliser pour cela une base de données NoSQL (=> MongoDB) et un Node JS serveur dont le rôle sera de récupérer (en tant que subscriber) chaque message MQTT.

- Une fois récupérée par ce node server, l'information sera analysée, et placée si il le faut dans la base de données.

4.2.1 MongoDB : Base de données

Pour commencer, je vous laisse installer la base de données sur votre station (le cloud viendra plus loin) :

<https://docs.mongodb.com/manual/administration/install-community/>

cf Important on the page :

The mongodb package provided by Ubuntu is not maintained by MongoDB Inc. and conflicts with the official mongodb-org package. ...

```
wget -qO - https://www.mongodb.org/static/pgp/server-5.0.asc | sudo apt-key add -
echo "deb [ arch=amd64,arm64 ] https://repo.mongodb.org/apt/ubuntu focal/mongodb-org/5.0 multiverse" \
| sudo tee /etc/apt/sources.list.d/mongodb-org-5.0.list
sudo apt-get update
sudo apt-get install -y mongodb-org
sudo systemctl start mongod
sudo systemctl status mongod
```

Ensuite .. il y a de la documentation !

- ✓ <https://docs.mongodb.com/>

4.2.2 Node.js : Javascript côté serveur

Je vous laisse installer "nodejs" sur votre station (si ce n'est pas déjà fait) :

<https://nodejs.org/en/download/>

et "npm" son gestionnaire de paquetages/modules (fait en même temps?)

Pour Ubuntu :

<https://github.com/nodesource/distributions/blob/master/README.md>

On aura besoin de quelques modules JS supplémentaires :

- ✓ <http://expressjs.com/> ... bien pratique pour gérer les routes

`npm install -g express`

(g pour global soit pour toutes les app js)

✓ <https://www.npmjs.com/package/mqtt#install> ... pour que notre serveur parle mqtt.

`npm install mqtt`

✓ <https://www.npmjs.com/package/mongodb> ... pour pouvoir s'interfacer avec la bd.

`npm install mongodb`

4.3 node_lucioles_v0.js

```

1 // Importation des modules
2 var path = require('path');
3
4 // var, const, let :
5 // https://medium.com/@vincent.bocquet/var-let-const-en-js-queelles-diff%C3%A9rences-b0f14caa2049
6
7 //--- MQTT module
8 const mqtt = require('mqtt')
9 // Topics MQTT
10 const TOPIC_LIGHT = 'sensors/light'
11 const TOPIC_TEMP = 'sensors/temp'
12
13 //--- The MongoDB module exports MongoClient, and that's what
14 // we'll use to connect to a MongoDB database.
15 // We can use an instance of MongoClient to connect to a cluster,
16 // access the database in that cluster,
17 // and close the connection to that cluster.
18 const {MongoClient} = require('mongodb');
19
20 //-----
21 // This function will retrieve a list of databases in our cluster and
22 // print the results in the console.
23 async function listDatabases(client){
24   databasesList = await client.db().admin().listDatabases();
25
26   console.log("Mongo : Databases in Cluster/Server are ");
27   databasesList.databases.forEach(db => console.log(' \t \t- ${db.name}'));
28 };
29
30 //-----
31 // asynchronous function named main() where we will connect to our
32 // MongoDB cluster, call functions that query our database, and
33 // disconnect from our cluster.
34 async function main(){
35   const mongoName = "lucioles" // Nom de la base
36   const mongoUri = 'mongodb://localhost:27017/'; // connection URI
37   //const uri = 'mongodb://10.9.128.189:27017/';
38   //const uri = 'mongodb+srv://menez:mettrelevotre@cluster0-x0zyf.mongodb.net/test?retryWrites=
     true&w=majority';
39
40   //Now that we have our URI, we can create an instance of MongoClient.
41   const mg_client = new MongoClient(mongoUri,
42     {useNewUrlParser:true, useUnifiedTopology:true});
43
44   // Connect to the MongoDB cluster/server
45   mg_client.connect(function(err, mg_client){
46     if (err) throw err; // If connection to DB failed ...
47
48     // else
49     mg_client.db("admin").command({ ping: 1 });
50     console.log("Mongo : \"mg_client\" connected successfully to server !");
51
52     //=====
53     // Print databases in our cluster
54     listDatabases(mg_client);
55
56     //=====
57     // Get a connection to the DB "lucioles" or create
58     dbo = mg_client.db(mongoName); // AUTOMATICALLY GLOBAL VARIABLE !!
59     console.log("Mongo : DB \"lucioles\" connected/created !");
60
61     // This Remove "old collections : temp and light
62     dbo.listCollections({name: "temp"})
63       .next(function(err, collinfo) {
64         if (collinfo) { // The collection exists
65           //console.log('Collection temp already exists');
66           dbo.collection("temp").drop()
67         }
68       });
69
70     dbo.listCollections({name: "light"})

```

```

71     .next(function(err, collinfo) {
72         if (collinfo) { // The collection exists
73             //console.log('Collection temp already exists');
74             dbo.collection("light").drop()
75         }
76     });
77 console.log("Mongo : Collection \"temp\" and \"light\" created or erased (dropped) !");
78
79
80 //=====
81 // Connexion au broker MQTT distant
82 //
83 //const mqtt_url = 'mqtt://192.168.1.101:1883'
84 const mqtt_url = 'mqtt://test.mosquitto.org' // with "mqtt" protocol specification
85 var options={
86     clientId:"deathstar_base",
87     username:"darkvador",
88     password:"6poD2R2",
89     clean:true;
90 var client_mqtt = mqtt.connect(mqtt_url,options);
91
92 //=====
93 // Connection success raises a connect event
94 // => now serveur NodeJS can subscribe to topics !
95 client_mqtt.on('connect', function () {
96
97     console.log("MQTT : Node JS connected to MQTT broker !");
98
99     client_mqtt.subscribe(TOPIC_LIGHT, function (err) {
100         if (!err) {
101             //client_mqtt.publish(TOPIC_LIGHT, 'Hello mqtt')
102             console.log('MQTT : Node Server has subscribed to \'' , TOPIC_LIGHT, '\'');
103         }
104     })
105     client_mqtt.subscribe(TOPIC_TEMP, function (err) {
106         if (!err) {
107             //client_mqtt.publish(TOPIC_TEMP, 'Hello mqtt')
108             console.log('MQTT : Node Server has subscribed to \'' , TOPIC_TEMP, '\'');
109         }
110     })
111 })
112
113 //=====
114 // Callback de la reception des messages MQTT pour les topics sur
115 // lesquels on s'est inscrit.
116 // => C'est cette fonction qui alimente la BD !
117 //
118 client_mqtt.on('message', function (topic, message) {
119     console.log("\nMQTT Reception of msg on topic : ", topic.toString());
120     console.log("\tPayload : ", message.toString());
121
122     // Parsing du message supposé reçu au format JSON
123     message = JSON.parse(message);
124     wh = message.who
125     val = message.value
126
127     // Debug : Gerer une liste de who pour savoir qui utilise le node server
128     let wholist = []
129     var index = wholist.findIndex(x => x.who===wh)
130     if (index === -1){
131         wholist.push({who:wh});
132     }
133     console.log("NODE JS : who is using the node server ? =>", wholist);
134
135     // Mise en forme de la donnée à stocker => dictionnaire
136     // Le format de la date est important => compatible avec le
137     // parsing qui sera realise par hightcharts dans l'UI
138     // cf https://www.w3schools.com/jsref/tryit.asp?filename=
139     // tryjsref_tolocalestring_date_all
140     // vs https://jsfiddle.net/BlackLabel/tgahn7yv
141     // var frTime = new Date().toLocaleString("fr-FR", {timeZone: "Europe/Paris"});
142     var frTime = new Date().toLocaleString("sv-SE", {timeZone: "Europe/Paris"});
143     var new_entry = { date: frTime, // timestamp the value

```



```

143         who: wh,          // identify ESP who provide
144         value: val        // this value
145     };
146
147     // On recupere le nom basique du topic du message
148     var key = path.parse(topic.toString()).base;
149     // Stocker le dictionnaire qui vient d'être créé dans la BD
150     // en utilisant le nom du topic comme key de collection
151     dbo.collection(key).insertOne(new_entry, function(err, res) {
152         if (err) throw err;
153         console.log("\nMONGO : \t Item : ", new_entry,
154             "\nhas been inserted in db in collection :", key);
155     });
156
157     // Debug : voir les collections de la DB
158     //dbo.listCollections().toArray(function(err, collInfos) {
159     //    collInfos is an array of collection info objects
160     //    that look like: { name: 'test', options: {} }
161     //    console.log("List of collections currently in DB: ", collInfos);
162     //});
163 }) // end of 'message' callback installation
164
165 //=====
166 // Fermeture de la connexion avec la DB lorsque le NodeJS se termine.
167 //
168 process.on('exit', (code) => {
169     if (mg_client && mg_client.isConnected()) {
170         console.log('MONGO : mongodb connection is going to be closed ! ');
171         mg_client.close();
172     }
173 })
174
175 }); // end of MongoClient.connect
176 } // end def main
177
178 //=====
179 main().catch(console.error);

```

4.3.1 Analyse du code du node server

- ① La phase de connexion avec la base Mongo : Lignes 34-45.

Pour l'instant cette base est "en local" ... mais ça ne va pas durer !

La fonction `connect` (API Mongo) est ici utilisée avec un callback qui recevra en second paramètre le client obtenu : ceci fait partie de la spécification de la méthode `connect`.

<https://mongodb.github.io/node-mongodb-native/3.2/api/MongoClient.html#.connect>

Il y a des côtés "intéressants" (mais perturbants) dans Javascript :

✓ <https://nodejs.org/en/knowledge/getting-started/control-flow/what-are-callbacks/>

- ② Dans le callback de la fonction `connect`, on procède à la connexion et à l'installation du dialogue MQTT (inscription aux topics et callback MQTT de réception).

✓ L90 : connexion au broker (le même que celui utilisé par l'ESP)

✓ L95 : installation du callback de l'événement connect du client_mqtt

=> L99,L105 : Souscription immédiate aux topics qui nous intéressent : lumière et température.

✓ L118 : callback des messages MQTT recus.

➤ On doit récupérer un message JSON dont on extrait l'identifiant de flotte et la valeur.

➤ L142-146 : On fabrique un dictionnaire que l'on va stocker dans la base de données.

On intègre un timestamp.

- Le nom du topic sert de clé dans la base en désignant une collection (équivalent Mongo d'une table SQL).

Est-ce la meilleure organisation pour la base? c'est vous les spécialistes? ... à vous de dire!

Je me demande si cela ne serait pas intéressant de mettre une collection des "clients ESP" en base? ... gestion des "logins"!

- L151 : Insertion dans la collection sélectionnée par la key de cette nouvelle entrée.

En conclusion ...

A chaque fois qu'un message MQTT est reçu par ce Node Server, il est mis en forme et placé dans la collection qui correspond à son topic : soit "light", soit "temp".

```

/dev/ttyUS
11:02:10.822 -> End of stand by period
11:02:12.215 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.56}
11:02:12.282 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 816.00}
11:02:16.802 -> End of stand by period
11:02:18.231 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.63}
11:02:18.264 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 716.00}
11:02:22.816 -> End of stand by period
11:02:24.243 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.63}
11:02:24.276 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 810.00}
11:02:28.821 -> End of stand by period
11:02:30.217 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.81}
11:02:30.283 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 733.00}
11:02:34.824 -> End of stand by period
11:02:36.219 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.75}
11:02:36.285 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 720.00}
11:02:40.832 -> End of stand by period
11:02:42.228 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.81}
11:02:42.294 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 803.00}
11:02:46.809 -> End of stand by period
11:02:48.236 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.87}
11:02:48.269 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 688.00}
11:02:52.817 -> End of stand by period
11:02:54.244 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 24.94}
11:02:54.277 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 803.00}
11:02:58.826 -> End of stand by period
11:03:00.219 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 25.06}
11:03:00.285 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 749.00}
11:03:04.803 -> End of stand by period
11:03:06.230 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 25.00}
11:03:06.265 -> {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 707.00}

[ ] Défilement automatique [x] Afficher l'horodatage

Capture du 2019-06-17 11-... Patstat_Snapsh-ot
dacia_doc.pdf 2019120416450-3064.pdf

```

```

has been inserted in db in collection : light

Reception of MQTT msg on topic : sensors/temp
Payload : {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 25.06}
wholist using the node server : [ { who: '80:7D:3A:FD:E8:48' } ]

Reception of MQTT msg on topic : sensors/light
Payload : {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 749.00}
wholist using the node server : [ { who: '80:7D:3A:FD:E8:48' } ]

Item : {
  date: '2021-11-30 11:03:00',
  who: '80:7D:3A:FD:E8:48',
  value: 25.06,
  _id: 61a5f6d437911e85c0203fcd
}
has been inserted in db in collection : temp

Item : {
  date: '2021-11-30 11:03:00',
  who: '80:7D:3A:FD:E8:48',
  value: 749,
  _id: 61a5f6d437911e85c0203fce
}
has been inserted in db in collection : light

Reception of MQTT msg on topic : sensors/temp
Payload : {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 25.00}
wholist using the node server : [ { who: '80:7D:3A:FD:E8:48' } ]

Reception of MQTT msg on topic : sensors/light
Payload : {"who": "80:7D:3A:FD:E8:48", "value": 707.00}
wholist using the node server : [ { who: '80:7D:3A:FD:E8:48' } ]

Item : {
  date: '2021-11-30 11:03:06',
  who: '80:7D:3A:FD:E8:48',
  value: 25,
  _id: 61a5f6da37911e85c0203fcf
}
has been inserted in db in collection : temp

Item : {
  date: '2021-11-30 11:03:06',
  who: '80:7D:3A:FD:E8:48',
  value: 707,
  _id: 61a5f6da37911e85c0203fd0
}
has been inserted in db in collection : light

```

Au niveau de la base de donnée, on peut **surveiller son évolution** depuis un terminal : c'est important de "traquer" l'information !

4.3.2 Avant démarrage du Node JS server

```
# Avant Démarrage du Node JS server
menez@mowgli ~
$ mongo
MongoDB shell version v3.6.3
connecting to: mongodb://127.0.0.1:27017
MongoDB server version: 3.6.3
Server has startup warnings:
2020-10-06T17:00:09.742+0200 I STORAGE [initandlisten]
2020-10-06T17:00:09.742+0200 I STORAGE [initandlisten] ** WARNING: Using the XFS filesystem is strongly rec
2020-10-06T17:00:09.742+0200 I STORAGE [initandlisten] ** See http://dochub.mongodb.org/core/prod
2020-10-06T17:00:10.861+0200 I CONTROL [initandlisten]
2020-10-06T17:00:10.861+0200 I CONTROL [initandlisten] ** WARNING: Access control is not enabled for the d
2020-10-06T17:00:10.861+0200 I CONTROL [initandlisten] ** Read and write access to data and config
2020-10-06T17:00:10.861+0200 I CONTROL [initandlisten]
> show dbs;
IoT          0.000GB
admin        0.000GB
config       0.000GB
local        0.000GB
lucioles     0.000GB
> use lucioles
switched to db lucioles
> show collections
>
```

4.3.3 Après démarrage du Node JS server

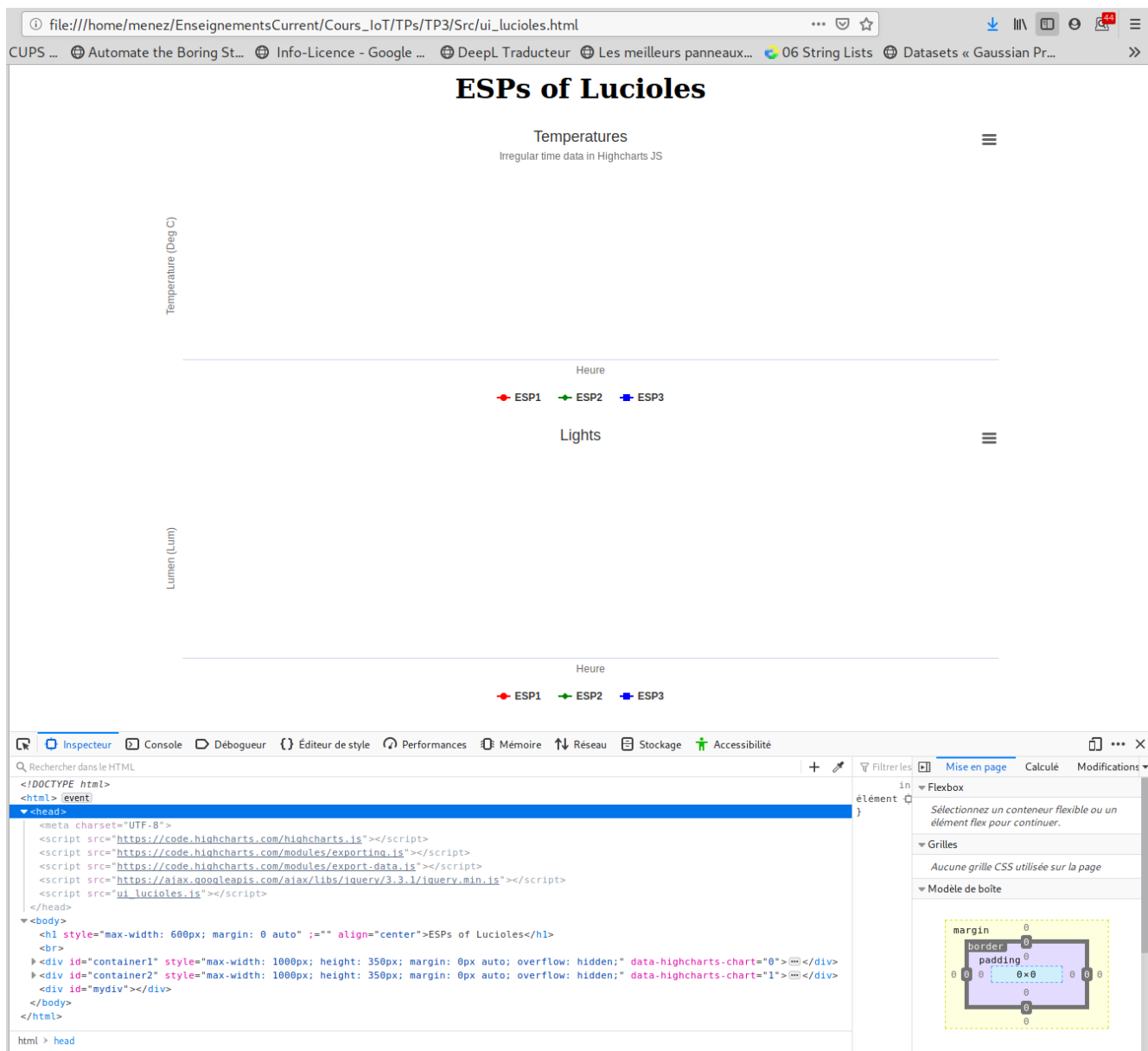
```
# Après Démarrage du Node JS server
> show collections
light
temp

> db.temp.find().pretty()
{
  "_id" : ObjectId("5f848bcbb87cda30f65e3d93"),
  "date" : "2020-10-12 19:00:59",
  "who" : "80:7D:3A:FD:E8:E8",
  "value" : 24.19
}
{
  "_id" : ObjectId("5f85c8457e9b7f69573eec3e"),
  "date" : "2020-10-13 17:31:17",
  "who" : "80:7D:3A:FD:E8:E8",
  "value" : 24.12
}
{
  "_id" : ObjectId("5f85cc23a466276a0cbc116f"),
  "date" : "2020-10-13 17:47:47",
  "who" : "80:7D:3A:FD:E8:E8",
  "value" : 24.06
}

# Vider une collection
> db.temp.drop()
true
> db.temp.find().pretty()
```

4.4 Javascript V1 : Dessiner les séries temporelles

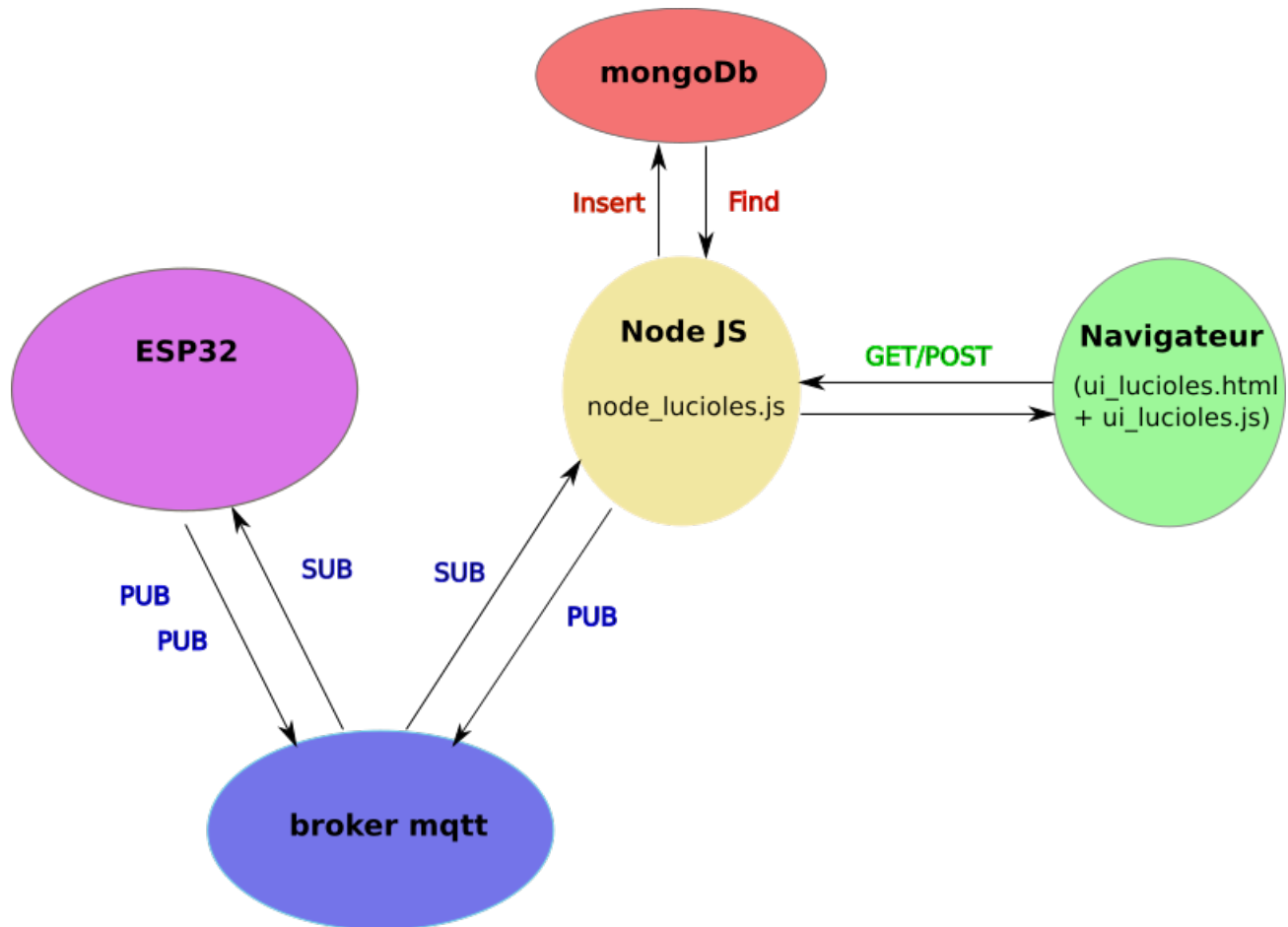
Cette deuxième phase d'évolution de l'outil vise à présenter les données récoltées et stockées dans la database au travers d'une User Interface (un dashboard) accessible par le Web (donc en NodeJS).



On "dessine" la série temporelle mais ce traitement pourrait tout à fait être remplacé par une analyse "intelligente".

4.4.1 Architecture logicielle

Forcément, l'architecture logicielle se complique un peu :

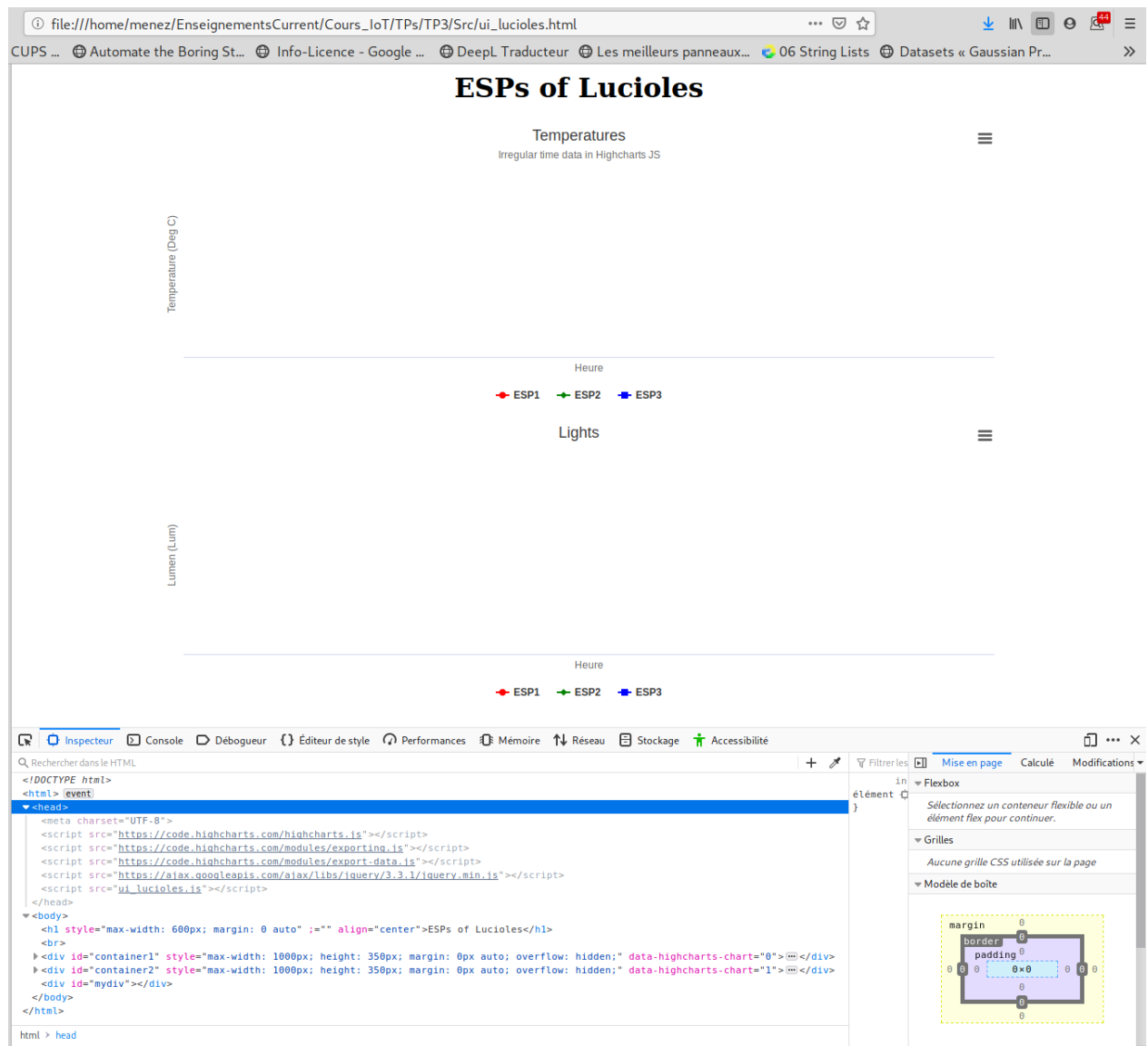


Le noeud central est le Node JS.

- Il récupère les informations depuis le broker.
- Il s'interface avec la base de données (MongoDb).
- Il répond aux requêtes du navigateur qui lui demande ses dernières données.

On retrouve ces fonctionnalités dans le code JS.

4.4.2 Page Web de l'UI / Dashboard



Dans le but de l'ouvrir avec un navigateur, on crée une page Web `ui_lucioles.html` qui va exploiter le package javascript `code.highcharts.com` pour dessiner des courbes dans deux containers :

- ✓ "container1" pour les températures.
- ✓ "container2" pour les luminosités.

On utilise le package `code.highcharts.com` mais il y a d'autres alternatives ...

<https://www.amcharts.com/>

ui_lucioles.html :

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <meta charset="UTF-8">
5     <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
6     <script src="https://code.highcharts.com/modules/exporting.js"></script>
7     <script src="https://code.highcharts.com/modules/export-data.js"></script>
8     <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
9     <script src="ui_lucioles.js"></script>
10  </head>
11  <body>
12    <h1 style="max-width: 600px; margin: 0 auto" ; align="center">ESPs of Lucioles</h1>
13
14    <br>
15    <div id="container1" style="max-width: 1000px; height: 350px; margin: 0 auto"></div>
16    <div id="container2" style="max-width: 1000px; height: 350px; margin: 0 auto"></div>
17    <div id="mydiv"></div>
18  </body>
19 </html>

```

Juste après avoir chargé les codes JS des graphes, cette page HTML charge un Javascript **ui_lucioles.js** (ligne 9) .

➤ Ce script doit permettre de faire le lien avec le Node serveur que l'on a débuté dans la V0.

ui_lucioles.js :

```

1 //
2 // Cote UI de l'application "lucioles"
3 //
4 // Auteur : G.MENEZ
5 // RMQ : Manipulation naive (debutant) de Javascript
6 //
7
8 function init() {
9   //=== Initialisation des traces/charts de la page html ===
10   // Apply time settings globally
11   Highcharts.setOptions({
12     global: { // https://stackoverflow.com/questions/13077518/highstock-chart-offsets-dates-
13       for-no-reason
14       useUTC: false,
15       type: 'spline'
16     },
17     time: {timezone: 'Europe/Paris'}
18   });
19   // cf https://jsfiddle.net/gh/get/library/pure/highcharts/highcharts/tree/master/samples/
20   // highcharts/demo/spline-irregular-time/
21   chart1 = new Highcharts.Chart({
22     title: {text: 'Temperatures'},
23     subtitle: {text: 'Irregular time data in Highcharts JS'},
24     legend: {enabled: true},
25     credits: false,
26     chart: {renderTo: 'container1'},
27     xAxis: {title: {text: 'Heure'}, type: 'datetime'},
28     yAxis: {title: {text: 'Temperature (Deg C)'},
29     series: [{name: 'ESP1', data: []},
30              {name: 'ESP2', data: []},
31              {name: 'ESP3', data: []}],
32     //colors: ['#6CF', '#39F', '#06C', '#036', '#000'],
33     colors: ['red', 'green', 'blue'],
34     plotOptions: {line: {dataLabels: {enabled: true},
35                        //color: "red",
36                        enableMouseTracking: true
37                      }
38   }
39 }

```

```

37 });
38 chart2 = new Highcharts.Chart({
39   title: { text: 'Lights' },
40   legend: { title: { text: 'Lights' }, enabled: true },
41   credits: false,
42   chart: { renderTo: 'container2' },
43   xAxis: { title: { text: 'Heure' }, type: 'datetime' },
44   yAxis: { title: { text: 'Lumen (Lum)' } },
45   series: [{ name: 'ESP1', data: [] },
46             { name: 'ESP2', data: [] },
47             { name: 'ESP3', data: [] } ],
48   //colors: ['#6CF', '#39F', '#06C', '#036', '#000'],
49   colors: ['red', 'green', 'blue'],
50   plotOptions: { line: { dataLabels: { enabled: true },
51                         enableMouseTracking: true } }
52   }
53 });
54
55 //=== Gestion de la flotte d'ESP =====
56 var which_esps = [
57   "80:7D:3A:FD:E8:48"
58 //   "1761716416"
59 //   "80:7D:3A:FD:C9:44"
60 ]
61
62 for (var i = 0; i < which_esps.length; i++) {
63   process_esp(which_esps, i)
64 }
65
66 };
67
68 //=== Installation de la periodicite des requetes GET=====
69 function process_esp(which_esps,i){
70   const refreshT = 10000 // Refresh period for chart
71   esp = which_esps[i];    // L'ESP "a dessiner"
72   //console.log(esp) // cf console du navigateur
73
74   // Gestion de la temperature
75   // premier appel pour eviter de devoir attendre RefreshT
76   get_samples('/esp/temp', chart1.series[i], esp);
77   //calls a function or evaluates an expression at specified
78   //intervals (in milliseconds).
79   window.setInterval(get_samples,
80                       refreshT,
81                       '/esp/temp', // param 1 for get_samples()
82                       chart1.series[i], // param 2 for get_samples()
83                       esp); // param 3 for get_samples()
84
85   // Gestion de la lumiere
86   get_samples('/esp/light', chart2.series[i], esp);
87   window.setInterval(get_samples,
88                       refreshT,
89                       '/esp/light', // URL to GET
90                       chart2.series[i], // Serie to fill
91                       esp); // ESP targeted
92 }
93
94
95 //=== Recuperation dans le Node JS server des samples de l'ESP et
96 //=== Alimentation des charts =====
97 function get_samples(path_on_node, serie, wh){
98   // path_on_node => help to compose url to get on Js node
99   // serie => for choosing chart/serie on the page
100   // wh => which esp do we want to query data
101
102   //node_url = 'http://localhost:3000'
103   node_url = 'http://134.59.131.45:3000'
104   //node_url = 'http://192.168.1.101:3000'
105
106   //https://openclassrooms.com/fr/courses/1567926-un-site-web-dynamique-avec-jquery/1569648-le-
107   //fonctionnement-de-ajax
108   $.ajax({

```



```

109     url: node_url.concat(path_on_node), // URL to "GET" : /esp/temp ou /esp/light
110     type: 'GET',
111     headers: { Accept: "application/json", },
112     data: {"who": wh}, // parameter of the GET request
113     success: function (resultat, statut) { // Anonymous function on success
114         let listeData = [];
115         resultat.forEach(function (element) {
116             listeData.push([Date.parse(element.date), element.value]);
117             //listeData.push([Date.now(), element.value]);
118         });
119         serie.setData(listeData); //serie.redraw();
120     },
121     error: function (resultat, statut, erreur) {
122     },
123     complete: function (resultat, statut) {
124     }
125 });
126 }
127
128
129 //assigns the onload event to the function init.
130 //=> When the onload event fires, the init function will be run.
131 window.onload = init;

```

4.4.3 Analyse du code

- ① La fonction d'init (qui sera invoquée au chargement de la page L131) met en place les graphes ET met en place des requêtes GET périodiques pour certains objets énumérés L57.

➤ L'idée : les graphes demandent au serveur Node les données concernant ces objets de la flotte.

C'est le rôle de la fonction "process_esp()".

Puis le node serveur demandera à la base ces informations.

- ② La fonction `process_esp()` met en place des requêtes périodiques (fonction "get_samples()") au serveur Node pour les différents éléments de la flotte.

Ces requêtes GET se différencient par l'ESP et par la route/url concernées : L107 et L117.

- ③ La fonction `get_samples()` réalise une requête GET sur le node serveur dont l'IP est fournie (un peu trop) en dur.

Cette requête concerne un ESP dont l'identité est formulée dans le champ "data" donné qui figurera en paramètre de la requête.

Cette requête utilise AJAX (Asynchronous JavaScript and XML).

➤ AJAX is a technique for creating fast and dynamic web pages.

➤ AJAX allows web pages to be updated asynchronously by exchanging small amounts of data with the server behind the scenes.

This means that **it is possible to update parts of a web page, without reloading the whole page.**

➤ Classic web pages, (which do not use AJAX) must reload the entire page if the content should change.

https://www.w3schools.com/js/js_ajax_intro.asp

Lorsque la requête réussit, la liste de valeurs récupérée est placée (L116) dans la série (en paramètre).

4.5 Javascript V2 : évolution du node server

La phase 2 doit donc compléter le code du Node serveur pour gérer les requêtes en provenance du client/-navigateur Web :

- Le module `node_lucioles_v0.js` est augmenté avec l'utilisation du framework `express` pour donner le module `node_lucioles_v4.js`

Express.js est un framework pour construire des applications web basées sur Node.js.

- C'est de fait le "framework standard" pour le développement de serveur en Node.js

```

1 // Importation des modules
2 var path = require('path');
3
4 // var, const, let :
5 // https://medium.com/@vincent.bocquet/var-let-const-en-js-quelles-diff%C3%A9rences-b0f14caa2049
6
7 //--- MQTT module
8 const mqtt = require('mqtt')
9 // Topics MQTT
10 const TOPIC_LIGHT = 'sensors/light'
11 const TOPIC_TEMP = 'sensors/temp'
12
13 //--- The MongoDB module exports MongoClient, and that's what
14 // we'll use to connect to a MongoDB database.
15 // We can use an instance of MongoClient to connect to a cluster,
16 // access the database in that cluster,
17 // and close the connection to that cluster.
18 const {MongoClient} = require('mongodb');
19
20 //-----
21 // This function will retrieve a list of databases in our cluster and
22 // print the results in the console.
23 async function listDatabases(client){
24   databasesList = await client.db().admin().listDatabases();
25
26   console.log("Databases in Mongo Cluster : \n");
27   databasesList.databases.forEach(db => console.log(' - ${db.name}'));
28 };
29
30 //-----
31 // asynchronous function named main() where we will connect to our
32 // MongoDB cluster, call functions that query our database, and
33 // disconnect from our cluster.
34 async function v0(){
35   const mongoName = "lucioles" //Nom de la base
36   const mongoUri = 'mongodb://localhost:27017/'; //URL de connection
37   //const mongoUri = 'mongodb://10.9.128.189:27017/'; //URL de connection
38   //const mongoUri = 'mongodb+srv://menez:6poD2R2.....l@cluster0.x0zyf.mongodb.net/lucioles?
39     retryWrites=true&w=majority';
40
41   //Now that we have our URI, we can create an instance of MongoClient.
42   const mg_client = new MongoClient(mongoUri,
43     {useNewUrlParser:true, useUnifiedTopology:true});
44
45   // Connect to the MongoDB cluster
46   mg_client.connect(function(err, mg_client){
47     if(err) throw err; // If connection to DB failed ...
48
49     //=====
50     // Print databases in our cluster
51     listDatabases(mg_client);
52
53     //=====
54     // Get a connection to the DB "lucioles" or create
55     dbo = mg_client.db(mongoName);
56
57     // Remove "old collections : temp and light
58     dbo.listCollections({name: "temp"})
59       .next(function(err, collinfo) {

```

```

59         if (collinfo) { // The collection exists
60             //console.log('Collection temp already exists');
61             dbo.collection("temp").drop()
62         }
63     });
64
65     dbo.listCollections({name: "light"})
66     .next(function(err, collinfo) {
67         if (collinfo) { // The collection exists
68             //console.log('Collection temp already exists');
69             dbo.collection("light").drop()
70         }
71     });
72
73     //=====
74     // Connexion au broker MQTT distant
75     //
76     //const mqtt_url = 'http://192.168.1.11:1883'
77     //const mqtt_url = 'http://broker.hivemq.com'
78     const mqtt_url = 'mqtt://test.mosquitto.org:1883' //thanks Pascal ! with mqtt protocol
79     //specification
80     var client_mqtt = mqtt.connect(mqtt_url);
81
82     //=====
83     // Des la connexion, le serveur NodeJS s'abonne aux topics MQTT
84     //
85     client_mqtt.on('connect', function () {
86         client_mqtt.subscribe(TOPIC_LIGHT, function (err) {
87             if (!err) {
88                 //client_mqtt.publish(TOPIC_LIGHT, 'Hello mqtt')
89                 console.log('Node Server has subscribed to ', TOPIC_LIGHT);
90             }
91         })
92         client_mqtt.subscribe(TOPIC_TEMP, function (err) {
93             if (!err) {
94                 //client_mqtt.publish(TOPIC_TEMP, 'Hello mqtt')
95                 console.log('Node Server has subscribed to ', TOPIC_TEMP);
96             }
97         })
98     })
99
100     //=====
101     // Callback de la reception des messages MQTT pour les topics sur
102     // lesquels on s'est inscrit.
103     // => C'est cette fonction qui alimente la BD !
104     //
105     client_mqtt.on('message', function (topic, message) {
106         console.log("\nMQTT msg on topic : ", topic.toString());
107         console.log("Msg payload : ", message.toString());
108
109         // Parsing du message supposé reçu au format JSON
110         message = JSON.parse(message);
111         wh = message.who
112         val = message.value
113
114         // Debug : Gerer une liste de who pour savoir qui utilise le node server
115         let wholist = []
116         var index = wholist.findIndex(x => x.who===wh)
117         if (index === -1){
118             wholist.push({who:wh});
119         }
120         console.log("wholist using the node server :", wholist);
121
122         // Mise en forme de la donnee à stocker => dictionnaire
123         // Le format de la date est important => compatible avec le
124         // parsing qui sera realise par hightcharts dans l'UI
125         // cf https://www.w3schools.com/jsref/tryit.asp?filename=
126         // tryjsref_tolocalestring_date_all
127         // vs https://jsfiddle.net/BlackLabel/tgahn7yv
128         // var frTime = new Date().toLocaleString("fr-FR", {timeZone: "Europe/Paris"});
129         var frTime = new Date().toLocaleString("sv-SE", {timeZone: "Europe/Paris"});
130         var new_entry = { date: frTime, // timestamp the value
131                         who: wh, // identify ESP who provide

```

```

130         value: val      // this value
131     };
132
133     // On recupere le nom basique du topic du message
134     var key = path.parse(topic.toString()).base;
135     // Stocker le dictionnaire qui vient d'etre créé dans la BD
136     // en utilisant le nom du topic comme key de collection
137     dbo.collection(key).insertOne(new_entry, function(err, res) {
138         if (err) throw err;
139         console.log("\nItem : ", new_entry,
140             "\ninserted in db in collection :", key);
141     });
142
143     // Debug : voir les collections de la DB
144     //dbo.listCollections().toArray(function(err, collInfos) {
145     //    collInfos is an array of collection info objects
146     //    that look like: { name: 'test', options: {} }
147     //    console.log("List of collections currently in DB: ", collInfos);
148     //});
149 }) // end of 'message' callback installation
150
151 //=====
152 // Fermeture de la connexion avec la DB lorsque le NodeJS se termine.
153 //
154 process.on('exit', (code) => {
155     if (mg_client && mg_client.isConnected()) {
156         console.log('mongodb connection is going to be closed ! ');
157         mg_client.close();
158     }
159 })
160
161 }); // end of MongoClient.connect
162 } // end def main
163
164 //=====
165 //==== Demarrage BD et MQTT =====
166 //=====
167 v0().catch(console.error);
168
169 //=====
170 // Utilisation du framework express
171 // Notamment gérer les routes
172 const express = require('express');
173 // et pour permettre de parcourir les body des requetes
174 const bodyParser = require('body-parser');
175
176 const app = express();
177
178 app.use(bodyParser.urlencoded({ extended: true }));
179 app.use(bodyParser.json());
180 app.use(express.static(path.join(__dirname, '/')));
181 app.use(function(request, response, next) { //Pour eviter les problemes de CORS/REST
182     response.header("Access-Control-Allow-Origin", "*");
183     response.header("Access-Control-Allow-Headers", "*");
184     response.header("Access-Control-Allow-Methods", "POST, GET, OPTIONS, PUT, DELETE");
185     next();
186 });
187
188 //=====
189 // Answering GET request on this node ... probably from navigator.
190 // => REQUETES HTTP reconnues par le Node
191 //=====
192
193 // Route / => Le node renvoie la page HTML affichant les charts
194 app.get('/', function (req, res) {
195     res.sendFile(path.join(__dirname + '/ui_lucioles.html'));
196 });
197
198
199 // The request contains the name of the targeted ESP !
200 // /esp/temp?who=80%3A7D%3A3A%3AFD%3AC9%3A44
201 // Exemple d'utilisation de routes dynamiques
202 // => meme fonction pour /esp/temp et /esp/light

```

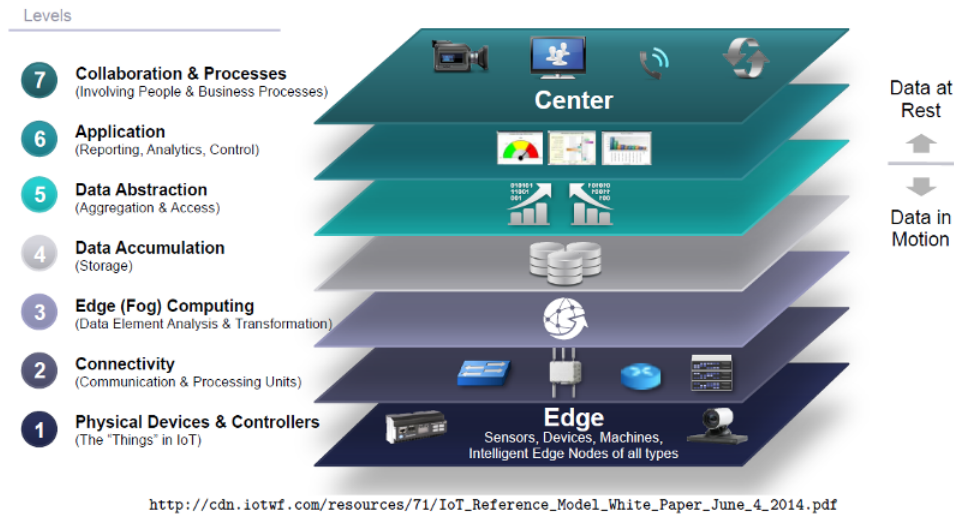
```

203 app.get('/esp/:what', function (req, res) {
204   // cf https://stackabuse.com/get-query-strings-and-parameters-in-express-js/
205   console.log(req.originalUrl);
206
207   wh = req.query.who // get the "who" param from GET request
208   // => gives the Id of the ESP we look for in the db
209   wa = req.params.what // get the "what" from the GET request : temp or light ?
210
211   console.log("\n-----");
212   console.log("A client/navigator ", req.ip);
213   console.log("sending URL ", req.originalUrl);
214   console.log("wants to GET ", wa);
215   console.log("values from object ", wh);
216
217   // Récupération des nb derniers samples stockés dans
218   // la collection associée a ce topic (wa) et a cet ESP (wh)
219   const nb = 200;
220   key = wa
221   //dbo.collection(key).find({who:wh}).toArray(function(err,result) {
222   dbo.collection(key).find({who:wh}).sort({_id:-1}).limit(nb).toArray(function(err, result) {
223     if (err) throw err;
224     console.log('get on ', key);
225     console.log(result);
226     res.json(result.reverse()); // This is the response.
227     console.log('end find');
228   });
229   console.log('end app.get');
230 });
231
232 //=====
233 //==== Demarrage du serveur Web =====
234 //=====
235 // L'application est accessible sur le port 3000
236
237 app.listen(3000, () => {
238   console.log('Server listening on port 3000');
239 });

```

5 TOTRY

Cette application est un exemple de ce que pourrait être une "application IoT" :



Elle met en place des traitements sur les différents niveaux du modèle d'architecture d'applications IoT :

- ✓ sur la couche physique (gestion de l'objet),
- ✓ sur les couches Fog et Data accumulation (analyse de message et gestion de la base de donnée)
- ✓ sur la couche application (reporting graphique)

Fonctionnellement c'est un point de départ ...les évolutions viendront plus loin ...ou pas selon le temps que vous mettez ;-)

Le premier effort porte sur la compréhension de l'application ...quelques serveurs et plusieurs machines (ESP, Host, Navigateur).

Ensuite il faut déployer pour faire marcher !

5.1 Déploiement : "local"

Dans un premier temps, en considérant que tous les acteurs (clients et serveurs) de cette application sont locaux il faut donc :

- ① Comprendre,
- ② et faire tourner.

5.2 Déploiement : "local" + "cloud"

Ensuite vous utilisez un broker publique et le cloud Atlas pour la base de données mongo.

- ✓ On garde le node JS en local !

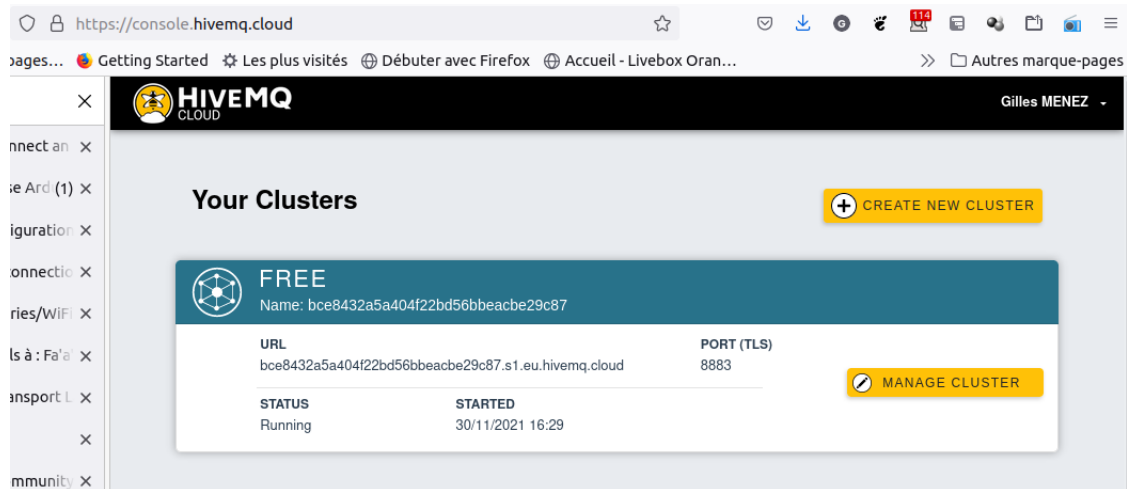
5.2.1 Broker MQTT sur hivemq

Le broker MQTT pourrait être sur `hivemq.com` : Vous connaissez sans doute déjà!?

J'ai voulu faire "mieux" qu'utiliser le broker public et j'ai ouvert un cluster dans le cloud HiveMQ (sur AWS)

`https://www.hivemq.com/mqtt-cloud-broker/`

mais dans ce contexte, on doit utiliser MQTT TLS (port 8883) et pour l'instant pas moyen sur l'ESP :-)



Donc je me rabats sur le broker `test.mosquitto.org` ... faut que je règle ce pb de TLS!

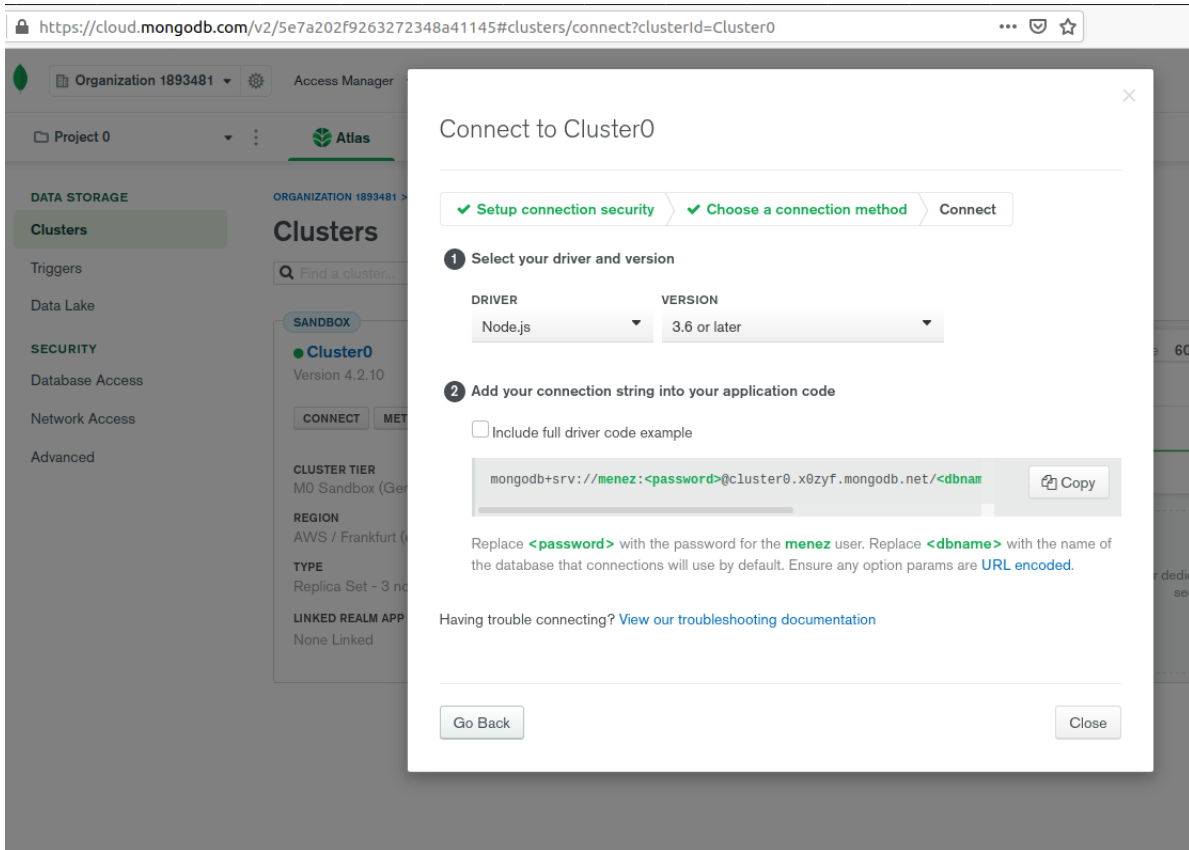
5.2.2 MongoDB sur Atlas

`https://www.mongodb.com/cloud/atlas`

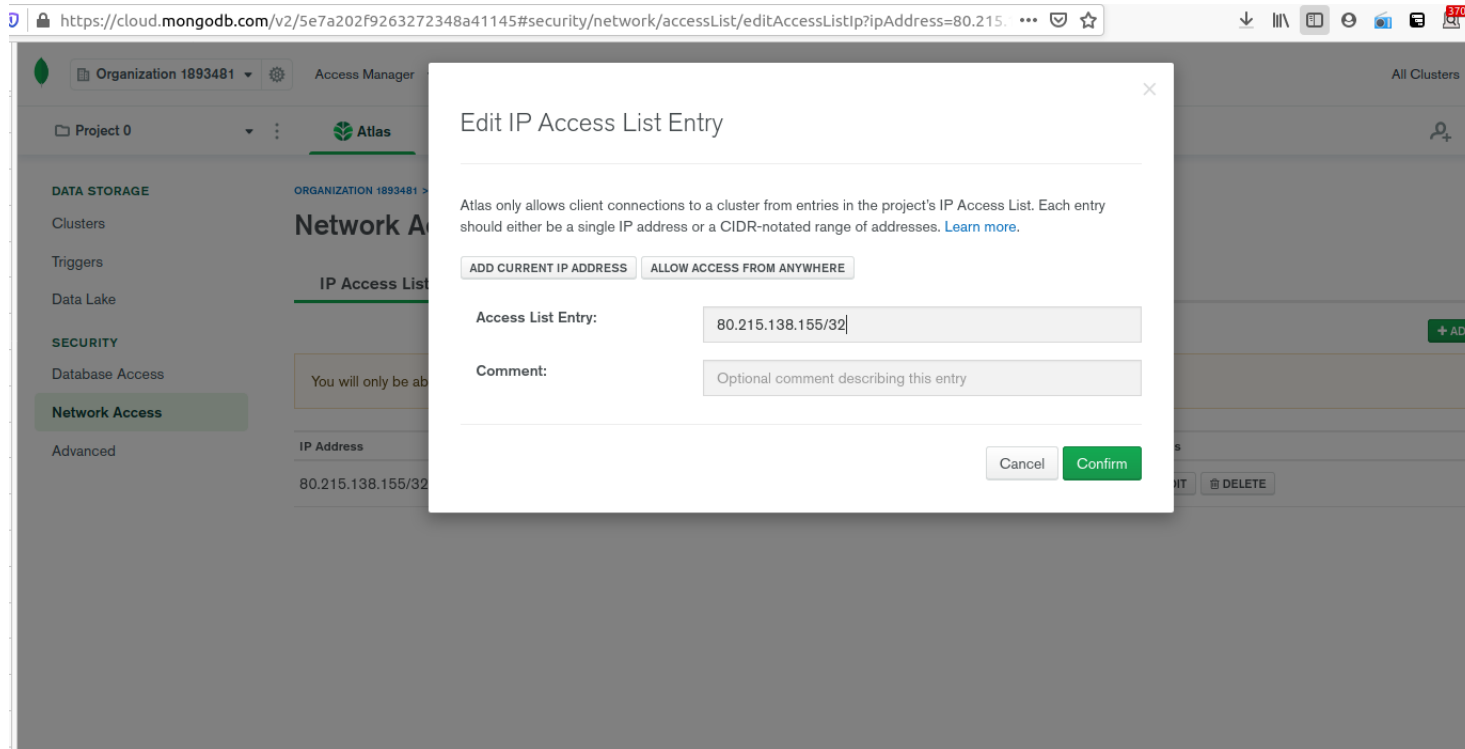
C'est gratuit, il faut "juste s'inscrire".

➤ On récupère un cluster avec adresse IP, identification, autorisation ...

Lorsque vous avez votre cluster, vous pouvez vous connecter par l'intermédiaire de Node.js. (J'ai cliqué sur CONNECT pour obtenir l'uri)



Vous n'oubliez pas dans la partie Network Access de spécifier quelles sont les IP qui ont le droit d'accéder :



5.2.3 NodeJS et Html

Pour l'instant, tout ceci est encore en "local" !

Normalement il n'y a rien à toucher ... peut être une adresse IP si vous avez changé de réseau ?

5.3 Déploiement : "dans les nuages"

L'objectif étant de mettre en place une "application réaliste", on ne peut pas se contenter d'une application qui ne tourne qu'en local avec les contraintes de disponibilité et d'accessibilité sous-jacentes.

Vous allez donc procéder au déploiement de vos derniers composants (nodeJs et Html) sur

`https://www.heroku.com/`.

Ce site autorise (sous certaines conditions) le déploiement d'application Internet ... il faut se créer un compte (gratuit) !

La suite demande une petit technicité :

`https://medium.com/swlh/how-to-deploy-your-node-js-app-to-heroku-cf3b9cc31586`

6 TODO

- ① Réalisez "l'envol dans le nuage" de votre application.
- ② Sur la base du code dans le répertoire Leaflet (que vous pouvez sans aucun doute améliorer), vous développez une application qui représentera les températures "sur la planète".

Ces températures peuvent provenir d'objets de type ESP qui s'inscrivent/et se dé-inscrivent dynamiquement auprès de votre plateforme (node server).

➤ Vous gérez cela au mieux ... je pense à un truc mais j'ai hâte d'apprécier votre solution :-)

Ces températures peuvent aussi provenir d'autres sources!?

Le "use case" est le suivant : j'ai des amis à San Francisco et j'aimerais savoir la température qu'il y fait. Mais ils n'ont pas de capteur/ESP.

L'idée est d'intégrer à "notre" service des informations et des services d'autres sources par exemple celles Openweathermap ... mais il peut aussi y avoir des capteurs sur des bateaux ou des pigeons ;-)

Quelques références :

- ✓ <https://openweathermap.org/>
- ✓ <https://www.aerisweather.com/>
- ✓ <https://www.wunderground.com/>
- ✓ <https://developer.ibm.com/technologies/iot/tutorials/collect-display-hyperlocal-weather/>
- ✓ <https://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/how-cities-are-using-the-internet-of-things/>

Au niveau de la correction, je branche mon ESP sur le réseau et je regarde votre application sur heroku pour voir mon objet, les autres objets, mes amis, ...

6.1 Remarque :

Dans le cloud, beaucoup de services "gratuits" mettent en place des restrictions sur le nombre et le volume de requêtes!

➤ Ce n'est pas plus mal d'apprendre à être frugal!

La périodicité des requêtes devrait logiquement devenir "réglable"!

6.2 Schéma JSON :

We never talk about JSON "common" structure and I was hoping someone would raise the issue ... but no :-)

I propose that the JSON payload would contain two parts :

- ✓ "mandatory" (common, minimum, and same label for every body) fields :
 - ✓ "temperature",
 - ✓ "localisation",
 - ✓ "identification",
 - ✓ ... if you need more ... propose!?
- ✓ and an "optional" json object (empty or not) for "your" specials in "your" app.