



**Corinne MANDIN**

Responsable de la Division Expologie  
Direction Santé Confort CSTB

**CSTB**  
*le futur en construction*



# LES APPORTS ET LES LIMITES DES NOUVEAUX CAPTEURS POUR L'ÉVALUATION DE LA QAI



**DÉFIS BÂTIMENT SANTÉ** PARIS, JUIN 2017 **LA SANTÉ, MOTEUR D'INNOVATIONS DU BÂTIMENT**

# Des capteurs de QAI dès 1900 !

---



Capteur de monoxyde de carbone

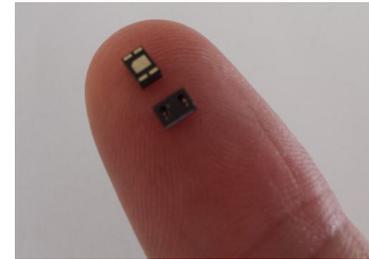
Canaris utilisés jusqu'en 1987



# De quoi parle-t-on ?

---

- ❑ **Capteur :**  
élément sensible qui permet la mesure

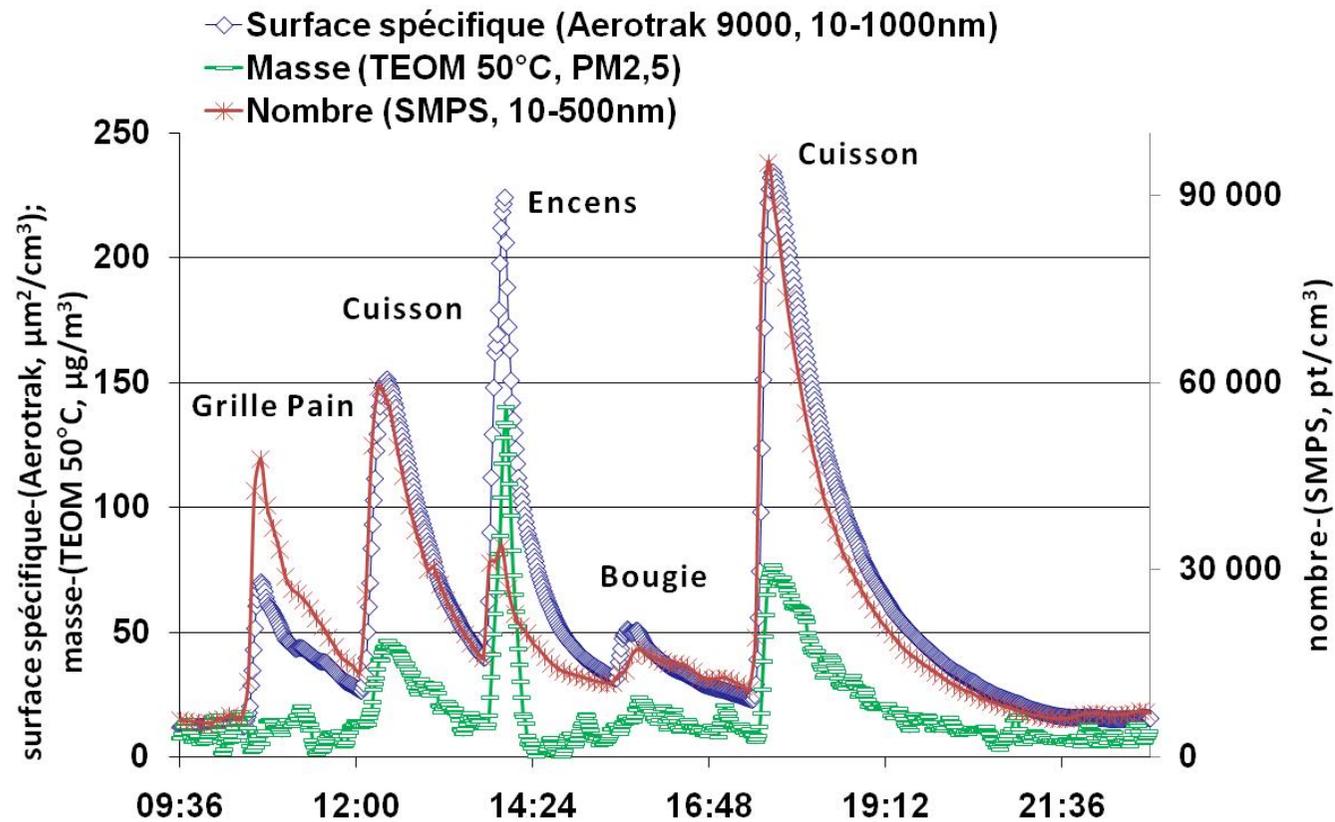


- ❑ **Par extension :** instrument de mesure petit, voire miniaturisé (portable) et autonome
- ❑ **Possiblement connecté**
- ❑ **Si possible bas coût**



# Quels sont les besoins pour la QAI ?

## □ Suivi temporel fin permettant d'identifier des sources

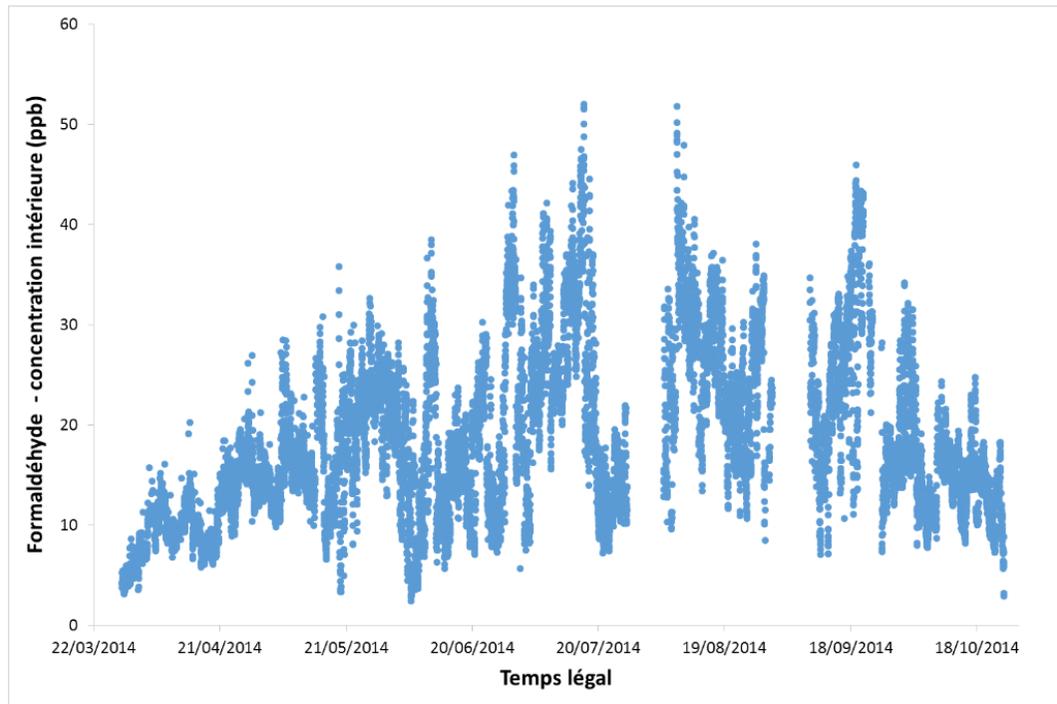


(Ji et al, 2009, projet NANOP)



# Quels sont les besoins pour la QAI ?

## ☐ Suivi temporel sur une longue durée



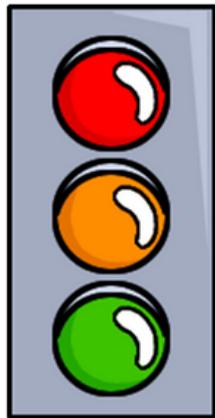
(Ramalho et al, 2016, projet TRIBU)

## ☐ Suivi spatial plus complet (réseau de capteurs)



# Quels sont les besoins pour la QAI ?

- ❑ Accès en direct possible à l'information pour agir (occupant et exploitant)



- voyant vert : ambiance non confinée, les fenêtres et les portes peuvent être (re)fermées ;
- voyant orange : ambiance légèrement confinée, l'ouverture des fenêtres et/ou des portes est recommandée ;
- voyant rouge, ambiance très confinée : l'ouverture rapide des fenêtres et/ou des portes est préconisée pour obtenir un renouvellement suffisant de l'air du local.



# Quels sont les besoins pour la QAI ?

## ❑ Encombrement réduit



Campagne nationale « Bureaux » OQAI



Campagne nationale « Ecoles » OQAI



# Quels sont les besoins pour la QAI ?

---

- ❑ **D'autres applications dans le bâtiment :**
  - asservissement du système mécanique de ventilation
  - déclenchement du fonctionnement d'un épurateur
  
- ❑ **Évolution de la sensibilité environnementale → répondre à une demande sociétale d'information**



# Un marché énorme en perspective

---

## ❑ **Etude du marché américain**, *BCC Research*, sept. 2016

- 7,8 milliards \$ en 2015, prédiction de 8,3 milliards \$ en 2016 et 10,8 milliards \$ en 2021
- Taux de croissance de 5,3 % / an de 2016 à 2021

*U.S. Indoor Air Quality Market, Andrew McWilliams*

## ❑ **Etude du marché mondial**, *Markets & Markets*, nov. 2016

- 2,5 milliards \$ en 2015 à 4,6 milliards \$ en 2022
- Taux de croissance de 9,2 % / an de 2016 à 2022

*Indoor Air Quality Monitor Market, Global Forecast to 2022*



# Capteurs QAI sur le marché aujourd'hui

- Beaucoup de produits sur le marché ... et de plus en plus

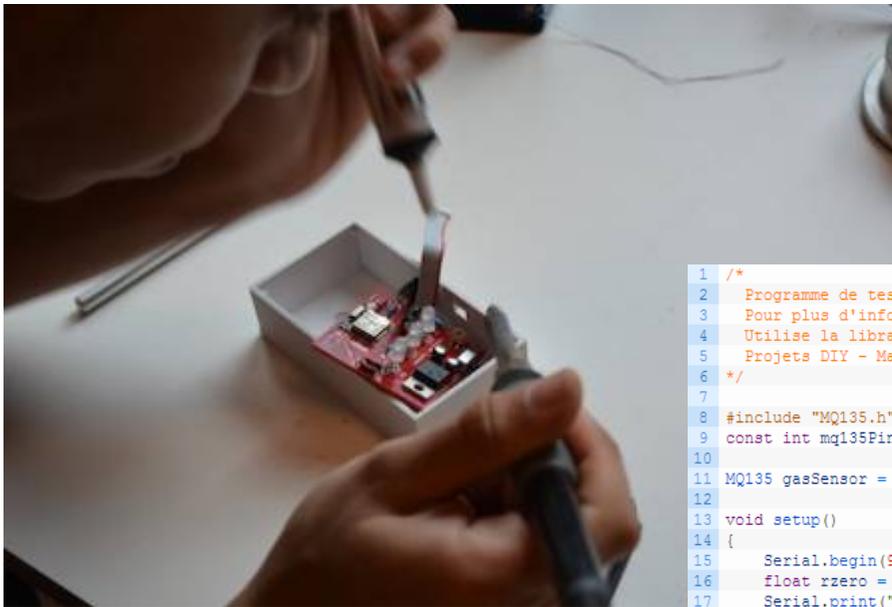


Recherche Internet Juin 2017

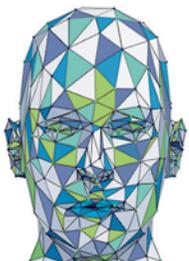


# Capteurs QAI sur le marché aujourd'hui

- Et des tutoriels pour fabriquer soi-même son système multi-capteurs



```
1  /*
2  Programme de test du MQ135 permettant de mesurer la présence de polluants dans l'atmosphère (CO, CO2 Alcool, fumées...)
3  Pour plus d'infos ici https://www.projetsdiy.fr/mq135-mesure-qualite-air-polluant-arduino
4  Utilise la librairie mq135.cpp mise à disposition par Georg Krockner https://github.com/GeorgK/MQ135
5  Projets DIY - Mars 2016 - www.projetsdiy.fr
6  */
7
8  #include "MQ135.h"
9  const int mq135Pin = 0;    // Pin sur lequel est branché de MQ135
10
11  MQ135 gasSensor = MQ135(mq135Pin); // Initialise l'objet MQ135 sur le Pin spécifié
12
13  void setup()
14  {
15      Serial.begin(9600);    // Initialise le port série à 9600 bps
16      float rzero = gasSensor.getRZero();
17      Serial.print("R0: ");
18      Serial.println(rzero); // Valeur à reporter ligne 27 du fichier mq135.h après 48h de préchauffage
19
20  }
21
22  void loop()
23  {
24      float ppm = gasSensor.getPPM();
25      Serial.print("A0: ");
26      Serial.print(analogRead(mq135Pin));
27      Serial.print(" ppm CO2: ");
28      Serial.println(ppm);
29      delay(1000);          // Actualise la mesure chaque seconde
30  }
```



# Capteurs QAI sur le marché aujourd'hui

---

## □ Mesure de :

- Température / humidité relative
- Dioxyde de carbone
- Monoxyde de carbone
  - Particules
  - COV totaux
  - Dioxyde d'azote
  - Radon
    - Formaldéhyde

→ Encore insuffisants pour décrire la QAI



# Travaux / initiatives avec des capteurs QAI

---

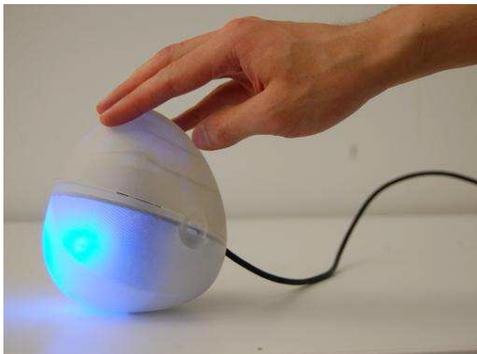
- ❑ De premières publications scientifiques
- ❑ Une place désormais importante dans les conférences internationales
- ❑ Projet de mener la **campagne nationale « Logements » n°2 de l'OQAI** avec des capteurs déployés dans un grand nombre de logements (500-1000) sur 6 mois/1 an → des données en grande quantité quitte à perdre en précision
- ❑ Premières utilisations dans des études épidémiologiques :

par ex. Polluscope (ANR) ou HEALS (FP7) <http://www.heals-eu.eu/>



# Travaux / initiatives avec des capteurs QAI

- Participation citoyenne, « citizen sensors / citizen science »



## Set Up Your Egg

Use the Air Quality Egg app to configure the egg. Available in Google Play.



## Gather Data

Place your Egg in the desired location and let it run, it automatically uploads data to the internet.



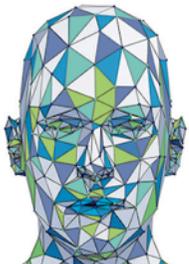
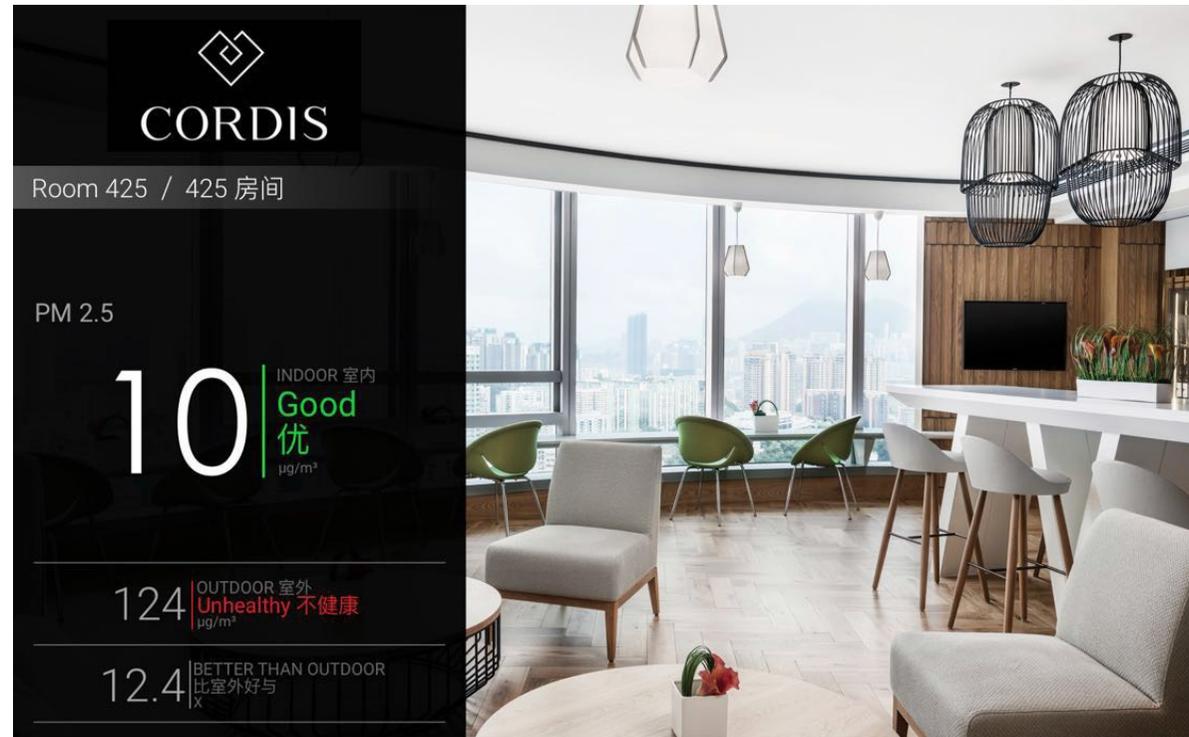
## Analyze Your Data

View realtime readings, or analyse your data and compare it to other Eggs.

# Travaux / initiatives avec des capteurs QAI

## Information du grand public

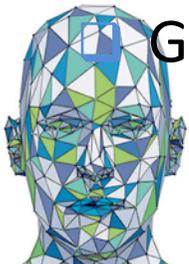
Chambre d'hôtel en Chine  
Cheng L, 2017, RHEVA J



# Points de vigilance

---

- Spécificité (COV)
- Justesse
- Sensibilité
- Limite de détection
- Gamme de concentrations
- Répétabilité
- Interférences (HR, etc.)
- Dérive dans le temps
- Vieillessement
- Temps de réponse
- Autonomie
- Stockage des données, communication
- Gestion de l'information restituée



## En conclusion

---

- ❑ **Des perspectives riches :**
  - bâtiment interactif dans lequel le gestionnaire et l'occupant sont acteurs de la QAI
- **Sous réserve de la fiabilité des données collectées :**
  - besoin d'une méthode normalisée d'évaluation
- ❑ **Sous réserve d'un traitement correct des données**
  - en temps réel pour fournir une information pertinente à l'utilisateur



# Merci de votre attention

**CSTB**  
*le futur en construction*



**DÉFIS BÂTIMENT SANTÉ** PARIS, JUIN 2017 **LA SANTÉ, MOTEUR D'INNOVATIONS DU BÂTIMENT**