



LABORATOIRE
LIEUX IDENTITÉS
ESPACES & ACTIVITÉS
UMR 6240 LISA



L'Internet des Objets

Atelier 1

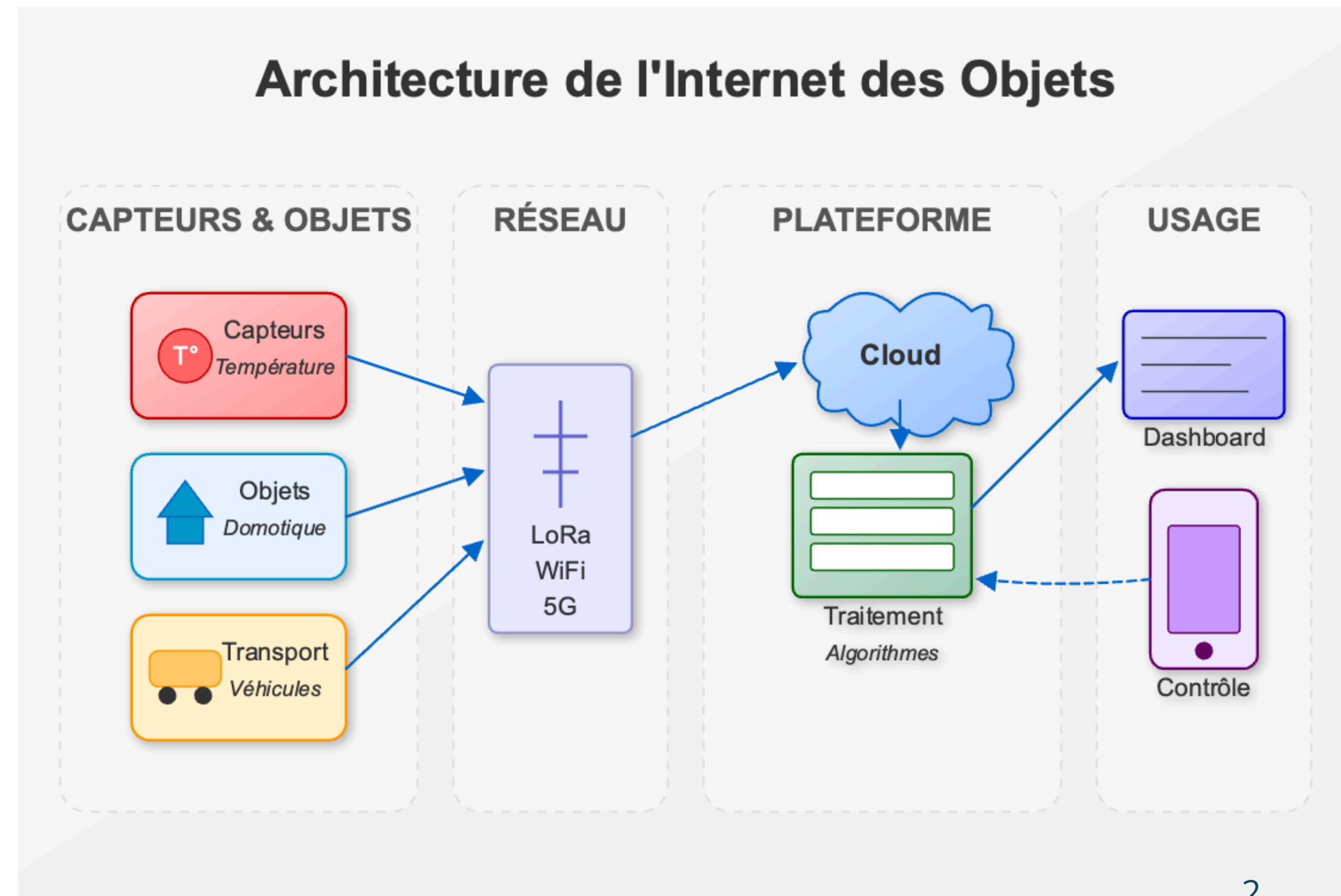
Forum des mathématiques 2025



L'Internet des objets - IoT

Définition :

Mise en réseaux d'objets, de véhicules, d'outils, qui sont équipés de capteurs, de logiciels, pour partager de l'information et fournir des services à leur utilisateurs.





Applications quotidiennes

Exemple de domaine d'application de l'IoT :

Agriculture

Automatisation

Domotique

Surveillance environnementale

La ville de Portivechju développe un projet nommé “Lià” au sein duquel plusieurs objets connectés seront déployés pour de la surveillance environnementale et d'autre cas d'usages.



Rôle des mathématiques



Encodage et transmission de
l'information

Traitement des données



Visualisation et interprétation

Prise de décisions
automatisées (IA)



Le système binaire



Base de l'informatique moderne
Système de numération en base de (0;1)
Représente l'absence (0) ou la présence (1) de courant

N	185							
2 ⁿ	7	6	5	4	3	2	1	0
Valeur	128	64	32	16	8	4	2	1
Binaire	1	0	1	1	1	0	0	1
calcul	128 + 32 + 16 + 8 + 1							

L'algèbre booléenne

Introduite en 1854 par le mathématicien George Boole.

Dans l'algèbre booléenne, il y a deux valeurs :
"Vrai" représenté par 1 et "faux" représenté par 0.

Il introduit aussi les portes logiques permettant de réaliser des opérations

| Non (NOT)

| Et (AND)

| Ou (OR)

| Ou exclusif (XOR)

A	B	NOT A	A AND B	A OR B	A XOR B
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0

Exemple d'un semi-additionneur où l'on additionne le chiffre 2 (10) et le chiffre 3 (11)

A	B	S (XOR)	C
1	1	0	1
0	1	1	0

A, B = parties
S = somme
C = retenue

Pour commencer, on effectue un XOR sur les deux premiers BITS (0;1) ce qui nous donne 1 ensuite, on effectue la même opération sur les deux BITS suivant ce qui nous donne 0 et une retenue de 1 lorsqu'on aligne ces nombres, on obtient donc 101 en binaire soit 5 en décimal.





LE SYSTÈME HEXADÉCIMAL

Système de numération en base 16 (0-9 ; A-F)
Permet de représenter l'information compacte

N	158			
16 ⁿ	3	2	1	0
Valeur	4096	256	16	1
calcul	$158 = 9 * 16^1 + 14 * 16^0$ $158 = 9 * 16 + 14 * 1 = 9E$			

En Informatique, on représenterait ce nombre sous la
forme de 0x9E

Interpolation linéaire de Taylor-Young

Permet d'estimer la valeur entre deux points connus

Équation classique de l'interpolation linéaire

$$\bar{f}(x) = \frac{y_a - y_b}{x_a - x_b}x + \frac{x_a \cdot y_b - x_b \cdot y_a}{x_a - x_b}$$

Formule de Taylor-Young au premier ordre

$$\bar{f}(x) = y_a + (x - x_a) \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}.$$



Mise en pratique des concepts

Mise en place d'un microcontrôleur relié à une led ainsi qu'à un capteur de température.

Objectif : donner une couleur à la led en fonction de la température.

Pour ce faire, on utilisera l'interpolation linéaire afin de calculer la couleur de la led

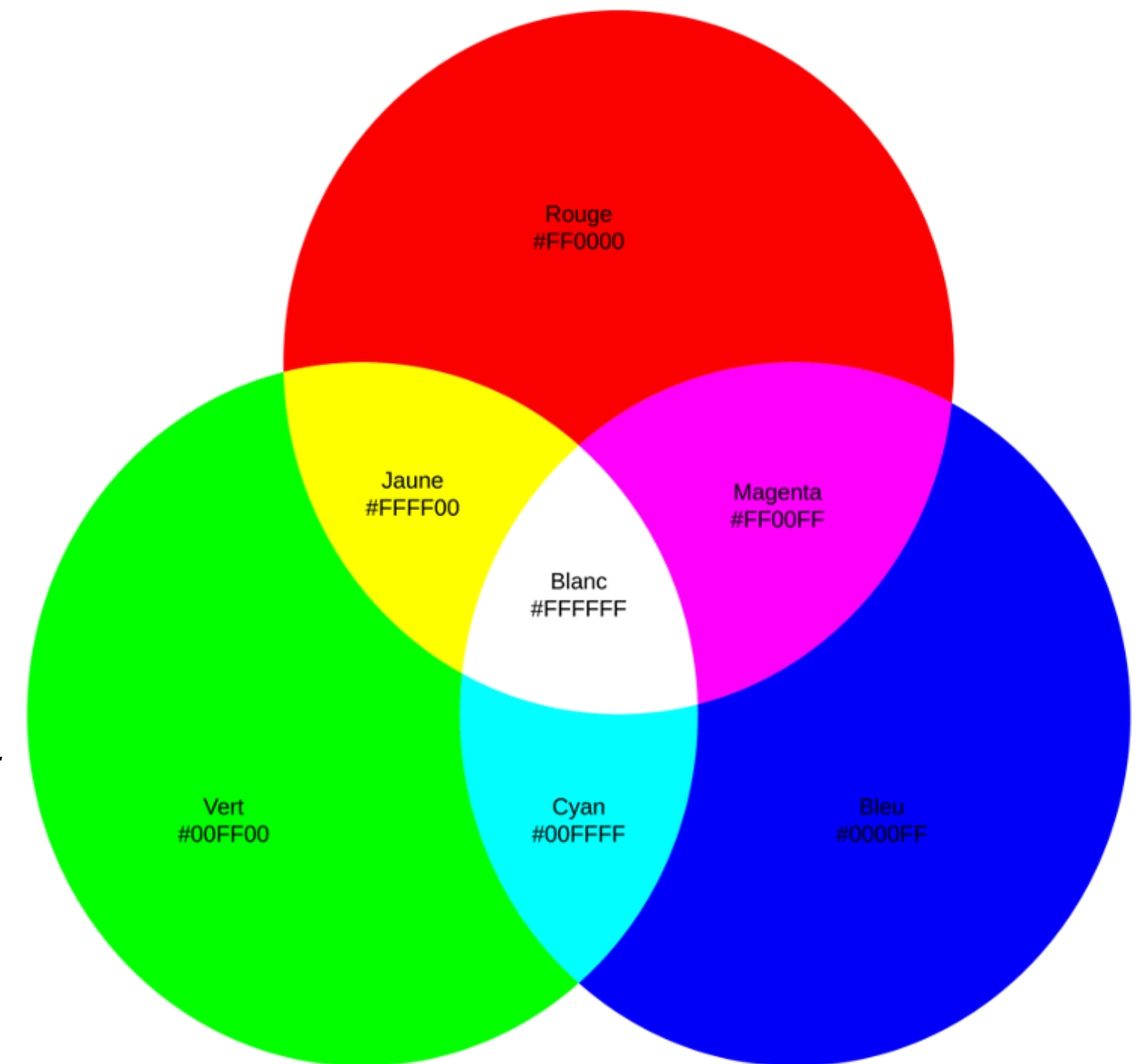


LES COULEURS EN INFORMATIQUE

Modèle RGB : combinaison de Rouge, Vert, Bleu

- *Chaque composante varie de 0 à 255 (1 octet)*
- *$R = [255, 0, 0]$ $G = [0, 255, 0]$ $B = [0, 0, 255]$*
- *Représentation hexadécimale : #RRGGBB*

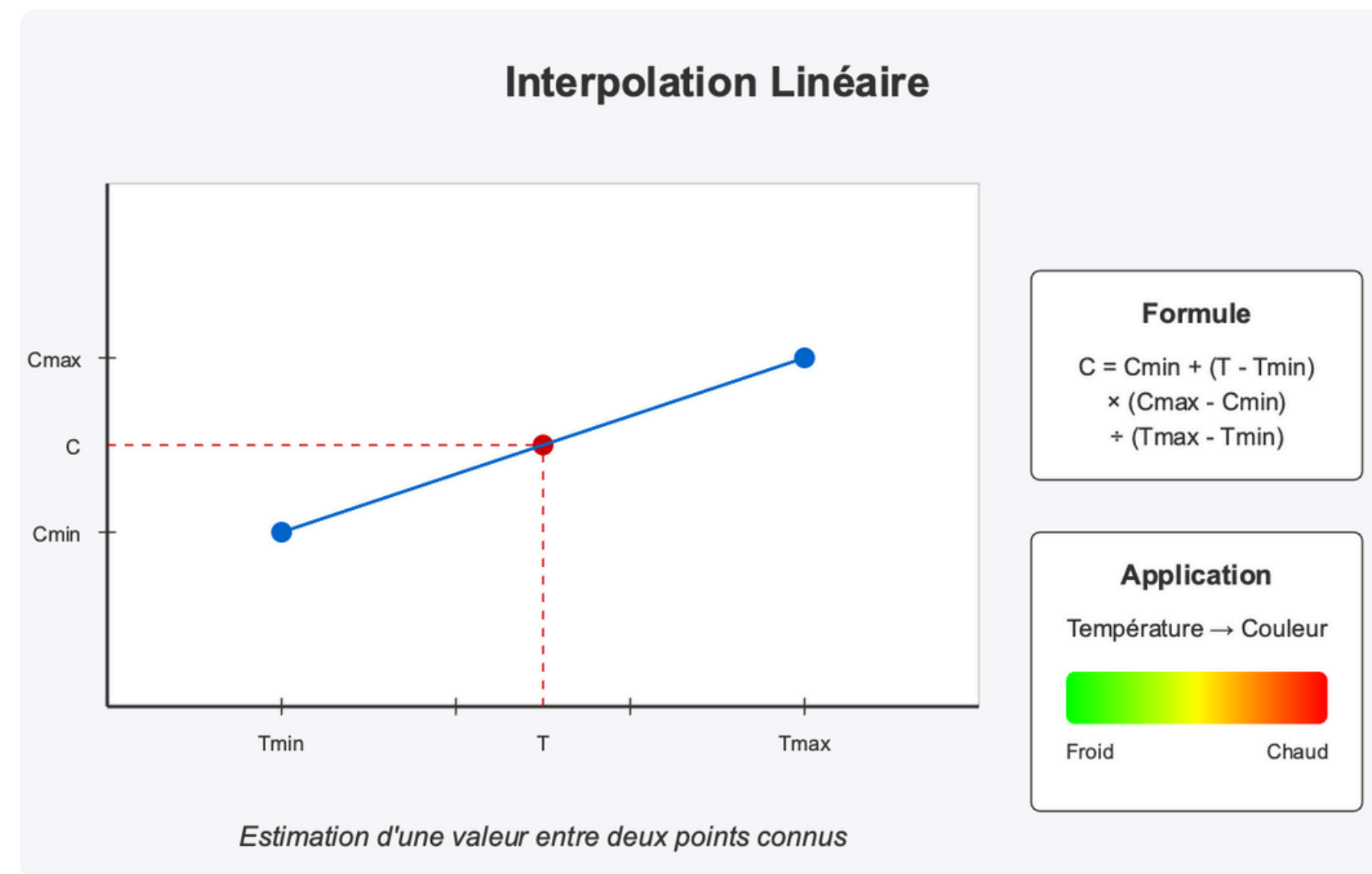
Magenta = $[255, 0, 255]$ $\rightarrow 255 = 15161 + 15160 = FF$ et $0 = 00 \rightarrow FF00FF$



APPLICATION AUX COULEURS

Mapper une température T à une couleur C
$$C_{out} = (T - T_{min}) / (T_{max} - T_{min}) \times (C_{max} - C_{min}) + C_{min}$$

Transition fluide entre deux couleurs



DEUXIÈME CAS PRATIQUE : STATION METEO

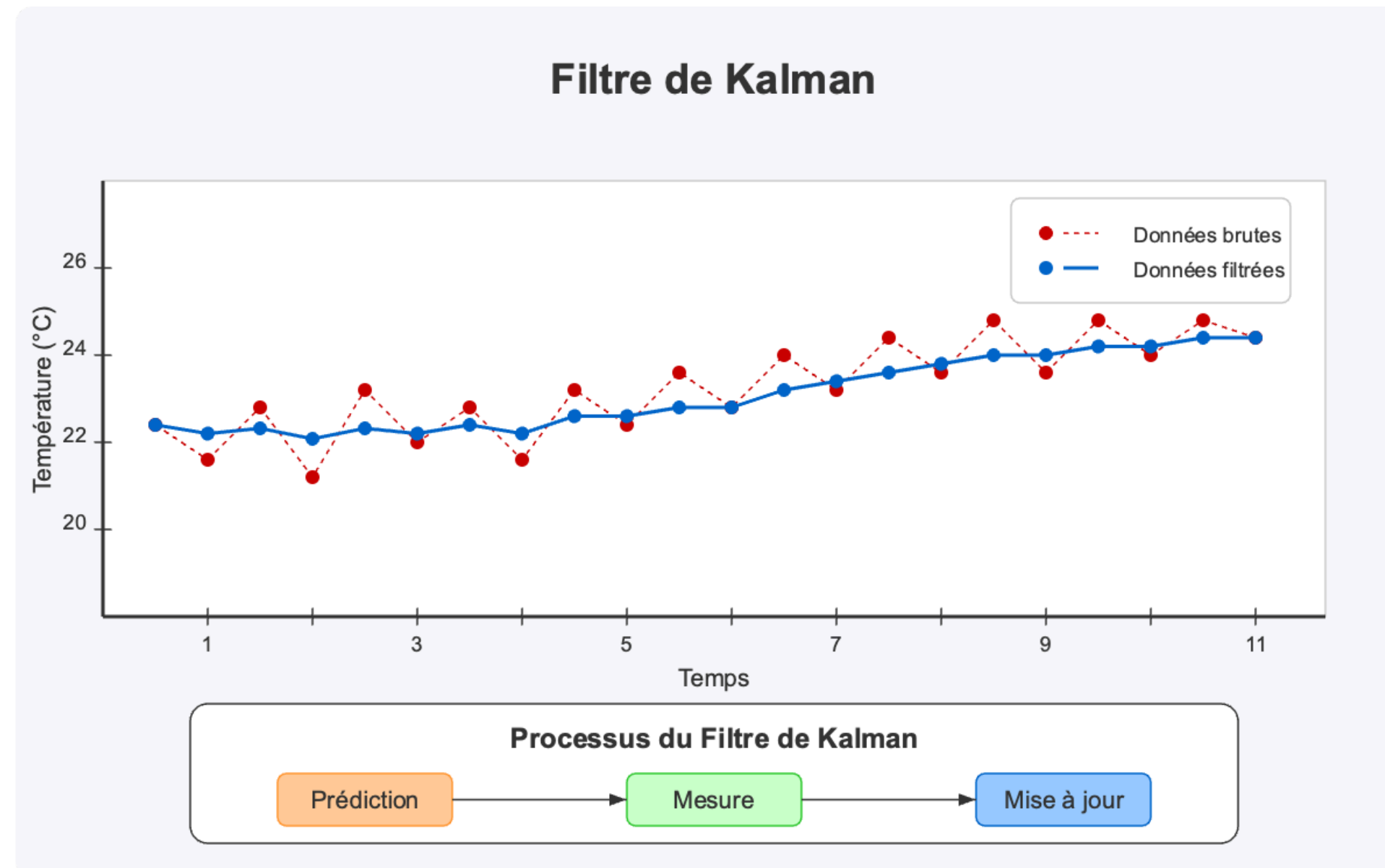
Mise en place d'un microcontrôleur relié à un baromètre ainsi qu'à un capteur d'humidité

Objectif : obtenir des prévisions météo locales à partir des données récoltées

Nous utiliserons les filtres de Kalman afin de réduire le bruit sur les mesures pour les rendre plus fiables

Problème : mesures bruitées des capteurs
Solution : filtre de Kalman pour estimer l'état réel
Deux étapes : prédiction et mise à jour

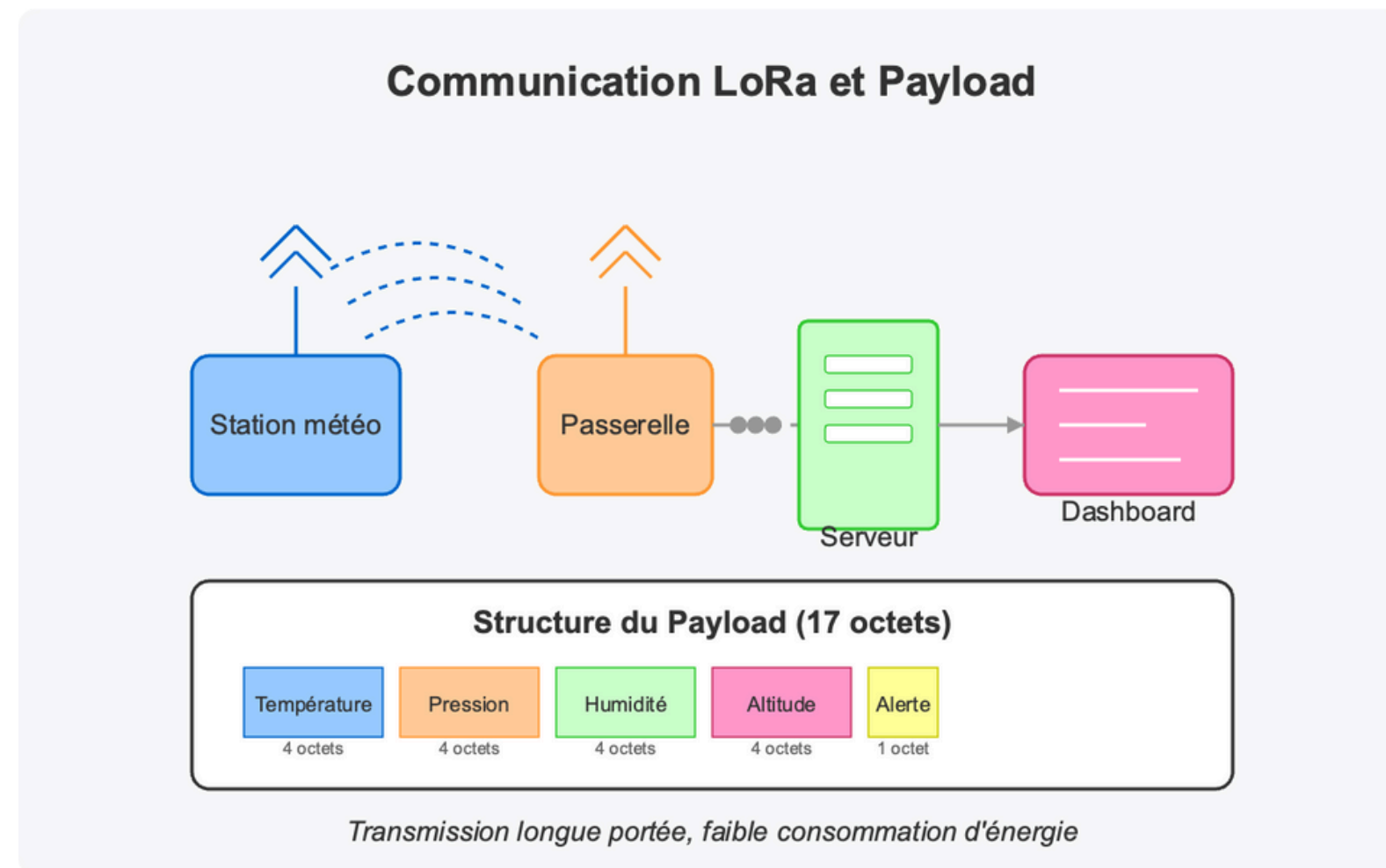
- Formules mathématiques simplifiées :
 - $\hat{X}_k^- = A\hat{X}_{k-1} + B u_{k-1}$
 - $P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$



Communication avec le serveur

LE LORA UTILISE DES PAYLOADS COURTS (51 À 222 OCTETS).

AFIN DE TRANSMETTRE LE MAXIMUM D'INFOS AVEC LE MINIMUM D'ESPACE, ON ENCODE L'INFORMATION.



```
converter.f = altitude;
payload[12] = converter.bytes[0];
payload[13] = converter.bytes[1];
payload[14] = converter.bytes[2];
payload[15] = converter.bytes[3];

payload[16] = alertState;

Serial.print(F("Raw payload: "));
for (int i = 0; i < 17; i++) {
    Serial.print(payload[i], HEX);
    Serial.print(" ");
}
Serial.println();

char hexPayload[35] = {0};
for (int i = 0; i < 17; i++) {
    sprintf(&hexPayload[i * 2], "%02X", payload[i]);
}
```

Contrainte : payload limité

Solution : encodage compact 4 valeurs (température, pression, humidité, altitude)

1 octet d'état d'alerte

Total : 17 octets

BIT SHIFT - DÉCALAGE DE BITS

```
// Encodage de PM2.5 (16 bits) en deux octets séparés
uint16_t pm25 = 35; // 35 µg/m³ = 0000 0000 0010 0011 en binaire

// Extraction de l'octet de poids fort (MSB)
payload[0] = (pm25 >> 8) & 0xFF; // 0000 0000

// Extraction de l'octet de poids faible (LSB)
payload[1] = pm25 & 0xFF; // 0010 0011
```

Opérations de décalage de bits

- Définition : déplacer tous les bits d'une valeur binaire vers la gauche ou la droite
- Bit shift gauche (<<) : multiplie par 2^n (ajoute des zéros à droite)
- Bit shift droit (>>) : divise par 2^n (perd les bits de droite)
- Masque binaire (&) : extraction précise de certains bits avec l'opérateur AND
- Application : réduction de la taille des données

- Valeur de départ : pm25 = 35 (décimal) = 0000 0000 0010 0011 (binaire)
- • Décalage à droite de 8 bits : pm25 >> 8 = 0000 0000
- • Masquage avec 0xFF : & 0xFF = 0000 0000 (octet supérieur)
- • Masquage direct : pm25 & 0xFF = 0010 0011 (octet inférieur)

Conclusion



**MERCI
DE VOTRE
ATTENTION**