



Thème : Cycles/Boucles

SYSTÈME DE SURVEILLANCE DE CONFORT : CAS DES HÔPITAUX

Encadrer par :

M.Rahou Youssef

M.Ouannabi Abderrahmane

Réaliser par :

Khana Yassine



TABLÉ DE MATIÈRES

01

INTRODUCTION

- 1.1 Statistiques
- 1.2 Besoin

02

PROBLEMATIQUE

- 2.1 Définition
- 2.2 Diagramme UC et BDD contexte
- 2.3 Problématique

03

TRAITEMENT

PROBLEMATIQUE

- 3.1 Démarche
- 3.2 Diagramme REQ
- 3.3 Choix de capteurs
- 3.4 Satisfaire les objectifs

04

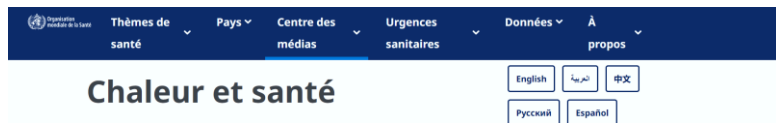
RÉALISATION

- 4.1 Conception avant réalisation
- 4.2 Affichage
- 4.3 Traitement des cas :
- 4.4 Diagramme BDD

05

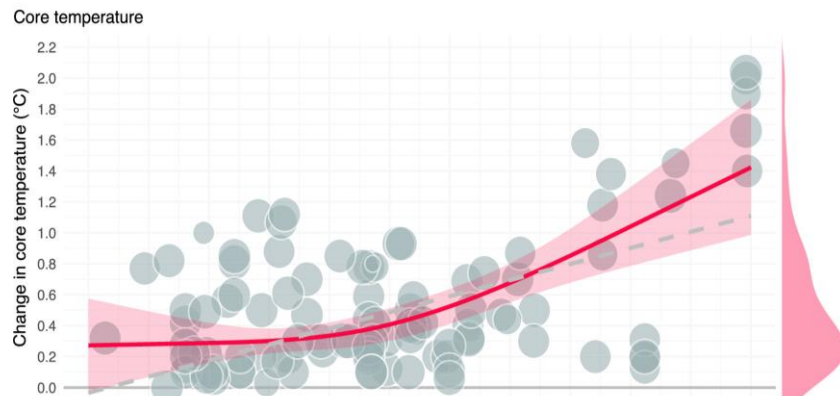
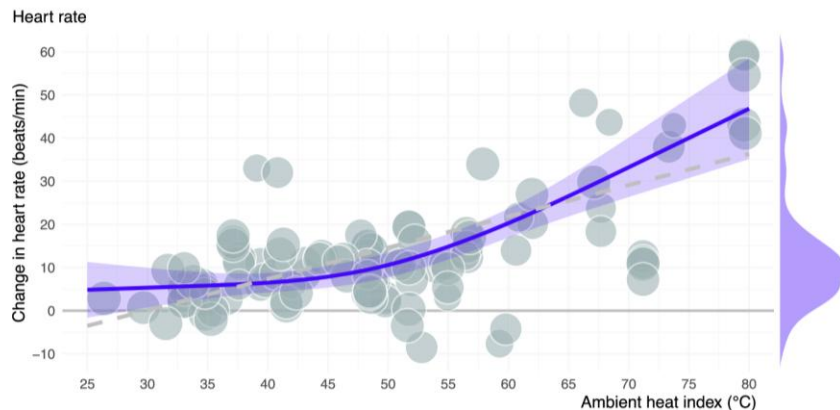
CONCLUSION

- 5.1 Analyse des écarts
- 5.2 Annexe
- 5.3 Liste des références



OMS : CONFORT THERMIQUE^[1]

Selon l'OMS et les normes ASHRAE, le maintien d'une température stable et d'une bonne qualité de l'air en milieu hospitalier est essentiel au rétablissement des patients.



Un confort thermique adapté améliore le bien-être, favorise la respiration et réduit les complications, contribuant ainsi à une guérison plus rapide.

01 STATISTIQUES

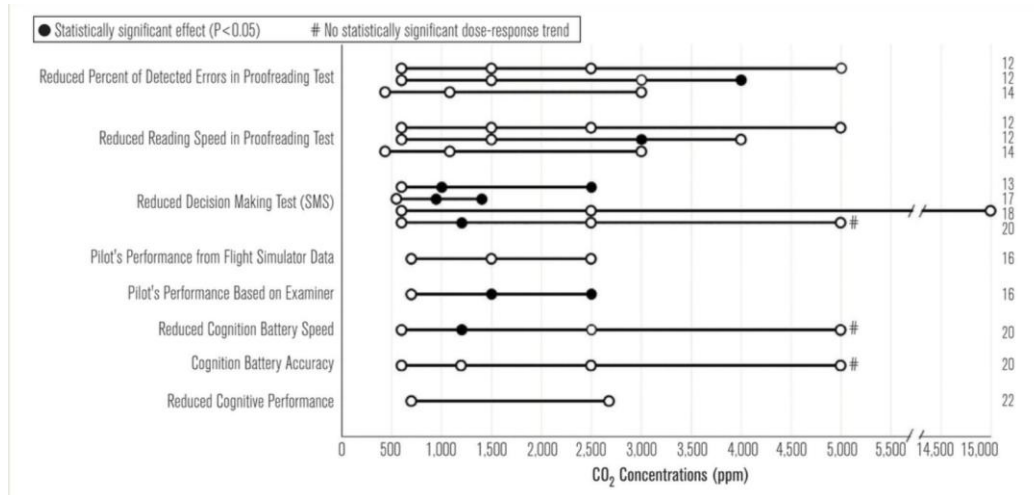
2



Indoor Environment
BERKELEY LAB

CO₂ ET QUALITE DE L'AIR [2]

Selon l'ASHRAE, une concentration élevée de CO₂ indique généralement une ventilation insuffisante et une dégradation de la qualité de l'air intérieur. Il est recommandé de maintenir le taux de CO₂ en dessous de 1000 ppm afin d'assurer un environnement sain et confortable pour les occupants.



NIH : SUD DU MAROC ETUDE D EVALUATION[3]

NIH National Library of Medicine
National Center for Biotechnology Information

Une étude menée en 2019 dans le sud du Maroc sur 328 patients en soins intensifs a montré que le bruit, la lumière et les interventions du personnel perturbaient significativement leur sommeil, le rendant bien moins réparateur qu'à domicile, le bruit étant le principal facteur d'inconfort

BESOIN !

Au Maroc, de nombreux hôpitaux sont implantés dans des environnements urbains. Le bruit excessif, la pollution de l'air et l'absence d'une régulation thermique efficace rendent difficile l'assurance d'un confort médical optimal dans ces conditions

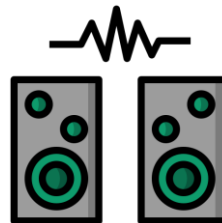
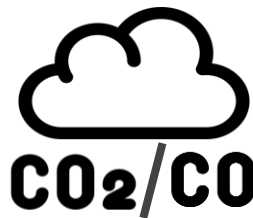
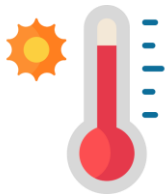
CES CONTRAINTES SOULIGNENT L'IMPORTANCE D'ASSURER UN CONFORT MÉDICAL ADAPTÉ AUX PATIENTS.



2.1 DÉFINITION

CONFORT MÉDICAL !

Le confort médical désigne l'ensemble des conditions qui assurent le bien-être d'un patient durant sa prise en charge, notamment la température, le bruit, l'éclairage, l'hygiène et l'espace. selon l'OMS il faut assurer que :



TEMPÉRATURE

Dans les chambres des patients, une température autour de **20-24 °C** est généralement recommandée

HUMIDITÉ

L'humidité relative (HR) dans les chambres d'hôpital doit idéalement être maintenue entre **40 % et 60 %**

QUALITÉ D'AIR

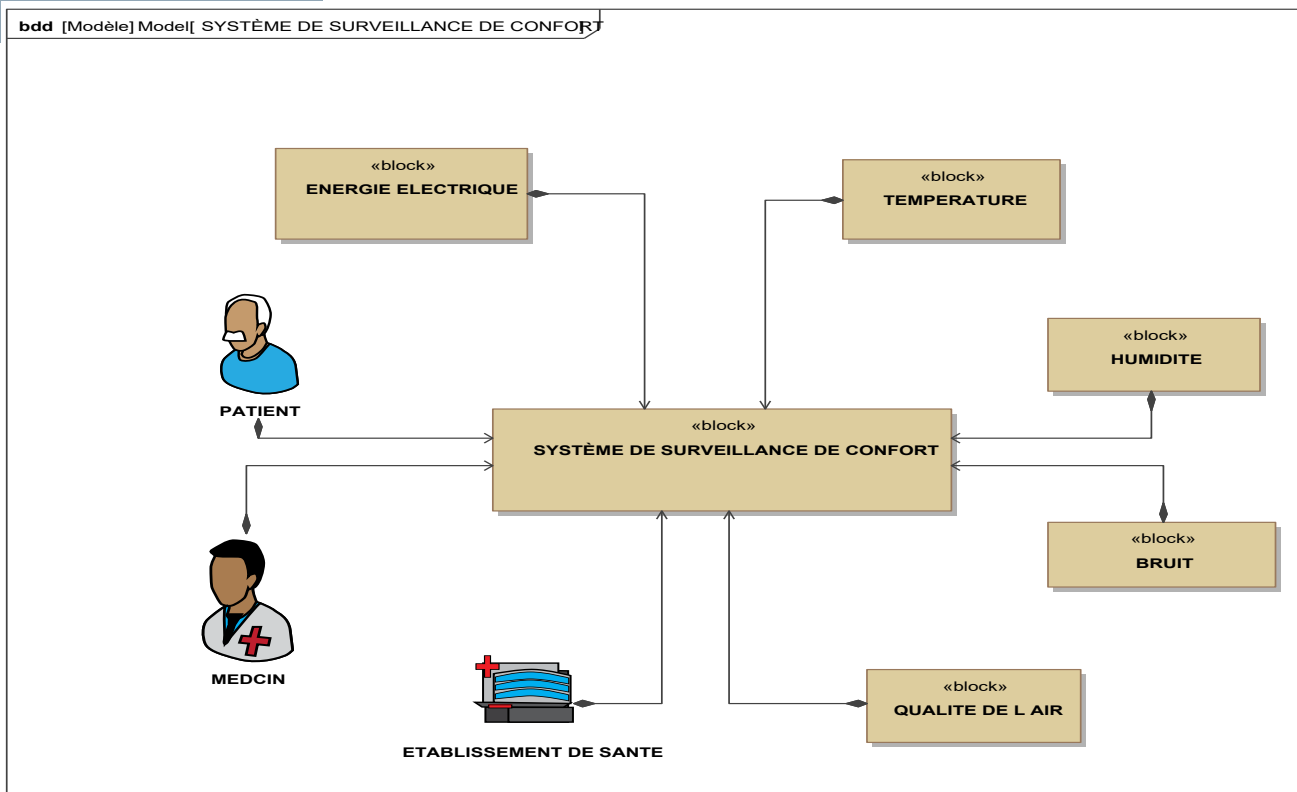
Il est nécessaire de surveiller les concentrations de CO₂ et de CO afin de garantir une qualité de l'air intérieur compatible avec la santé et le confort des occupants.

BRUIT

Les niveaux sonores dans les chambres d'hôpital devraient rester faibles) suggèrent que le bruit dans les chambres ne dépasse pas **≈ 35 dB(A)** le jour,

APPROCHE FONCTIONNELLE

DIAGRAMME BDD contexte



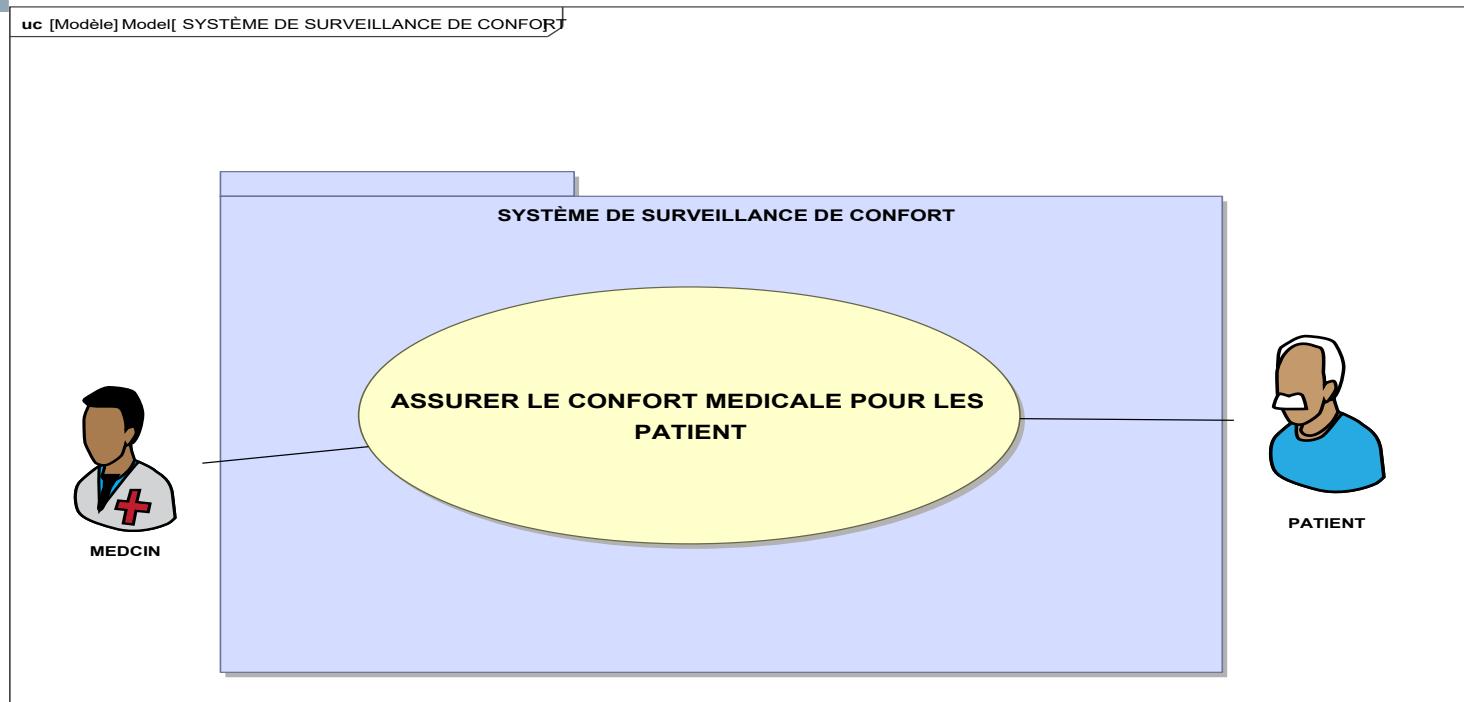


“Comment peut-on assurer le **CONFORT THERMIQUE** la **QUALITE DE L AIR** et un **CALME** dans les hôpitaux marocains selon les critères mondiale (**OMS**) pour optimiser le bien-être des patients ?”

—PROBLEMATIQUE

APPROCHE FUNCTIONNELLE

DIAGRAMME DE CAS D UTILISATION



The background image shows a patient lying in a hospital bed, partially covered by a white blanket. A medical device, labeled 'Health Guard', is mounted on the wall. The device has a screen displaying '37.7.5°C', '57.9)48', and '72'. Below the screen is a keypad with numbers 1-9, 0, and directional arrows. A small smartphone is visible in the foreground, displaying 'Grand' and 'Circu'.

TRAITEMENT DE LA PROBLEMATIQUE

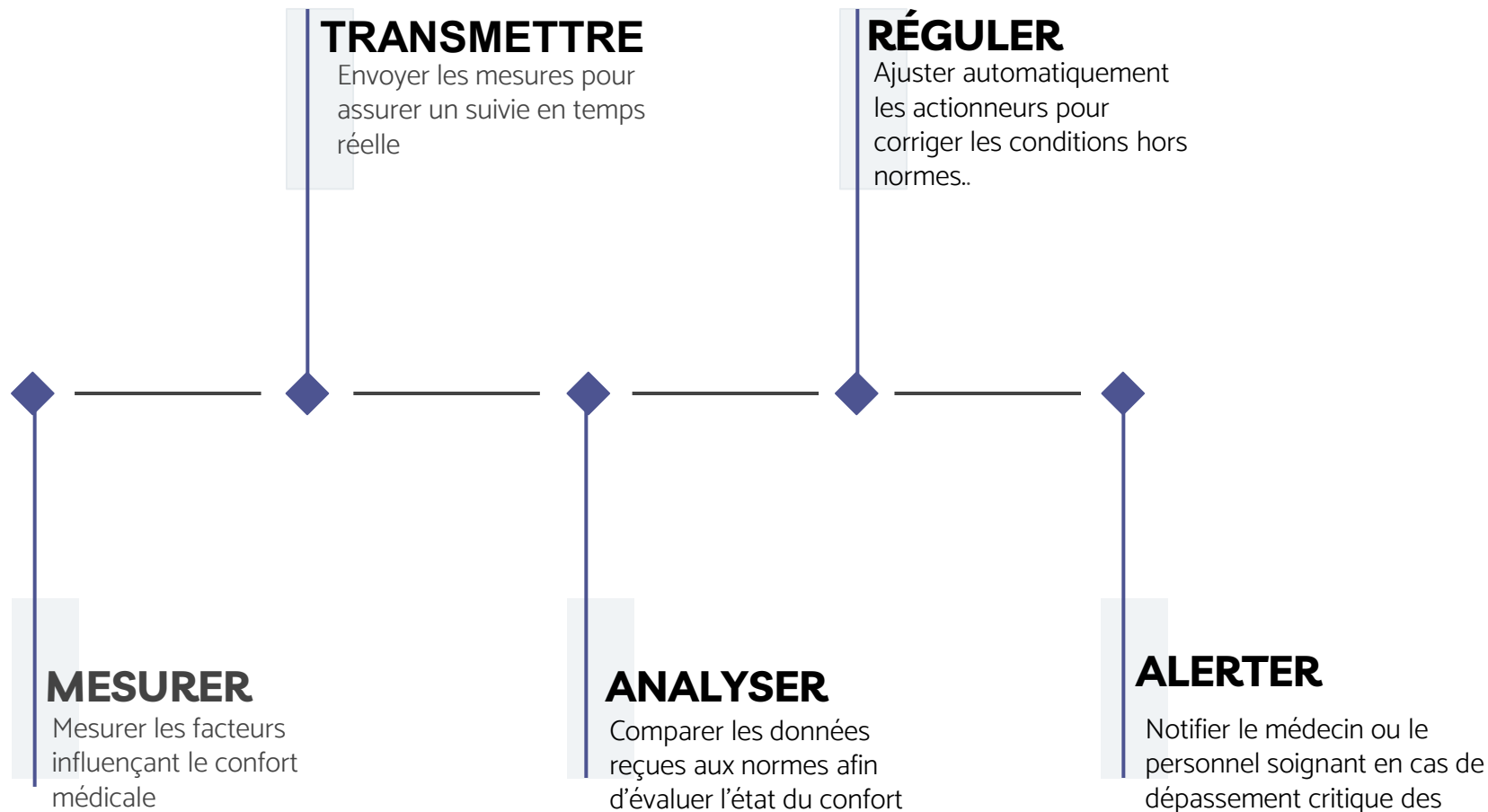
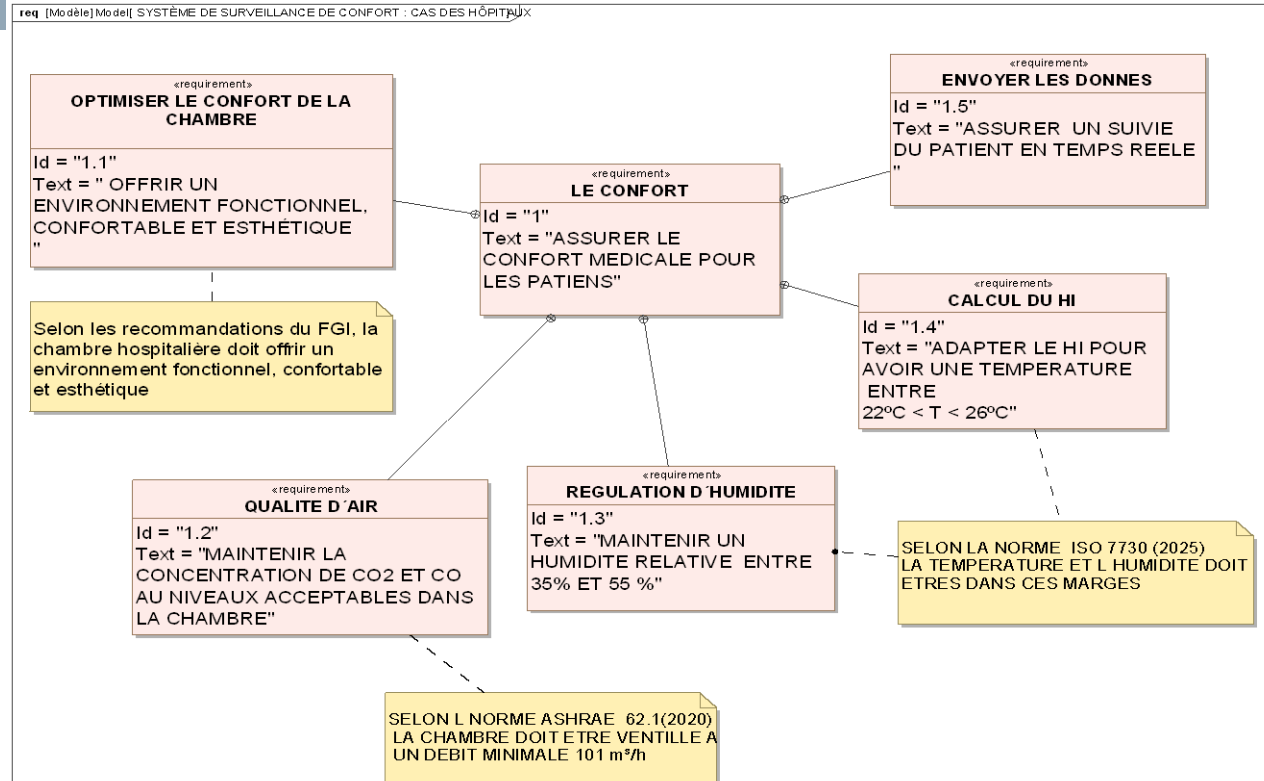
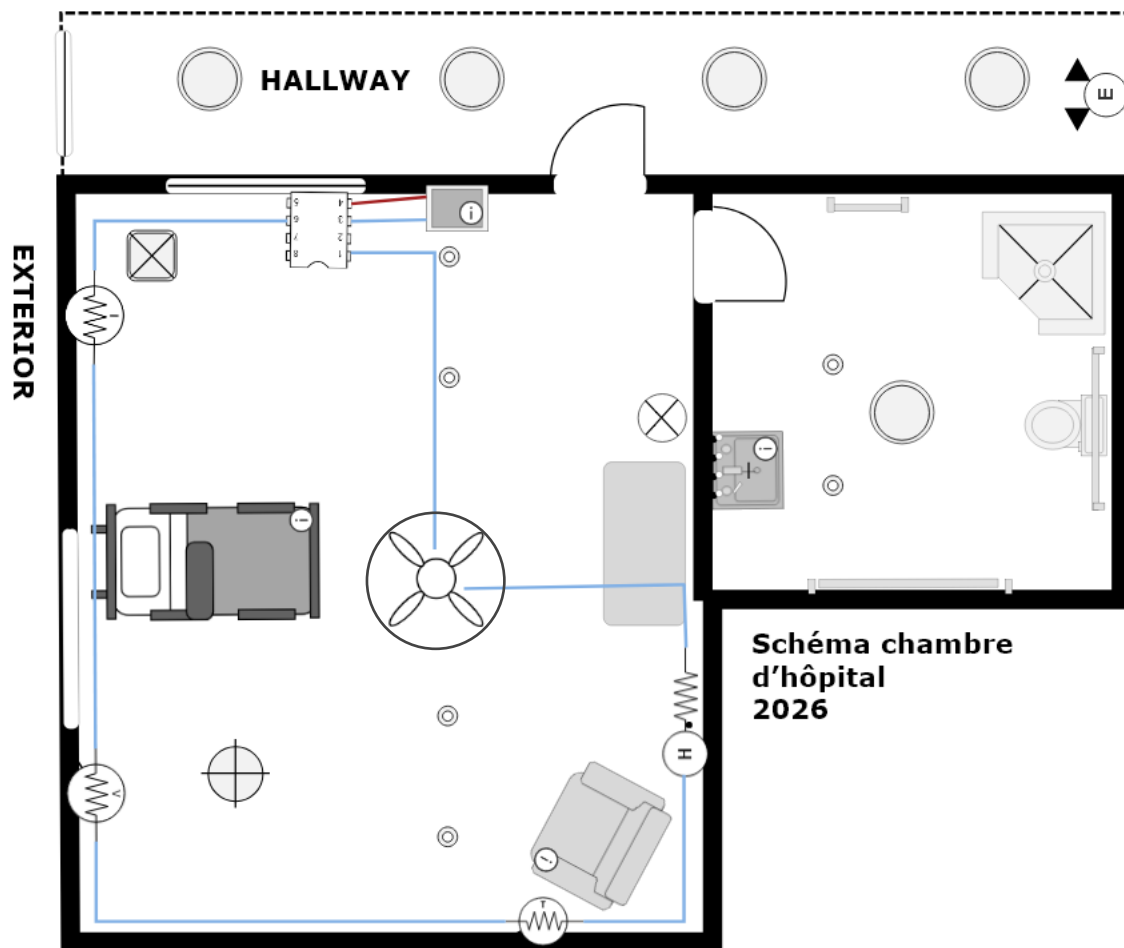


DIAGRAMME D'EXIGENCES



Plan



Legend	
	CAPTEUR DE HUMIDITE
	Microcontroller (Arduino)
	CAPTEUR DE GAZ
	CAPTEUR DE TEMPÉRATURE
	BLOCK DE CHAUFAGE
	VENTILATEUR
	LCD (AFFICHEUR)

3.3 CHOIX DE CAPTEUR

CAPTEUR DE TEMPERATURE/HUMIDITÉ:

Nous avons choisi le capteur HTU21D car il mesure à la fois la température et l'humidité avec une bonne précision, il est facilement disponible, peu coûteux et peu énergivore

Module	Plage Température	Précision Température	Précision Humidité	Précision Pression	Prix
MAX6675	0°C à +800°C	±0.25°			2.00
MAX31865	0°C à +800°C	±0.5°			4.00
LM35DZ	-55°C à +150°C	±2°			0.40
LM335	-40°C à +100°C	±2°			1.00
MCP9808	-40°C à +125°C	±0.25° ±0.5° maxi			1.00
TMP102	-40°C à +125°C	±2°			1.60
DS18B20	-55°C à +125°C	±0.5°			0.50
DHT11	0°C à +50°C	±2°			0.50
AM2301	-40°C à +80°C	±0.3°	±3%		1.80
DHT22	-40°C à +80°C	±0.5°	±2-5%		2.10
SHT31D	-40°C à +125°C	±0.3°	±2%		4.00
HTU21D	-40°C à +125°C	±0.3°	±2%		1.50
HDC2080	-40°C à +125°C	±0.2° ±0.4° maxi	±2%		4.00
SI7021	-40°C à +125°C	±0.4°	±3%		1.80
BMP180	-40°C à +85°C	±1°		0.12 Pa	1.00
BME280	-40°C à +85°C	±1°	±3%	0.2 Pa	2.00

3.3 CHOIX DE CAPTEUR

CAPTEUR DE TEMPERATURE/HUMIDITÉ:

HTU21D Sensor – Miniature Relative Humidity and Temperature Sensor

PERFORMANCE SPECS

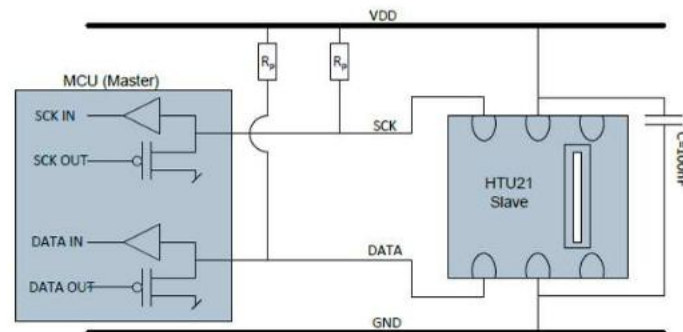
MAXIMUM RATINGS

Ratings	Symbol	Value	Unit
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to 125	°C
Supply Voltage (Peak)	V_{cc}	3.8V	V_{dc}
Humidity Operating Range	RH	0 to 100	%RH
Temperature Operating Range	T_a	-40 to +125	°C
VDD to GND		-0.3 to 3.6V	V
Digital I/O pins (DATA/SCK) to VDD		-0.3 to VDD+0.3	V
Input current on any pin		-10 to +10	mA



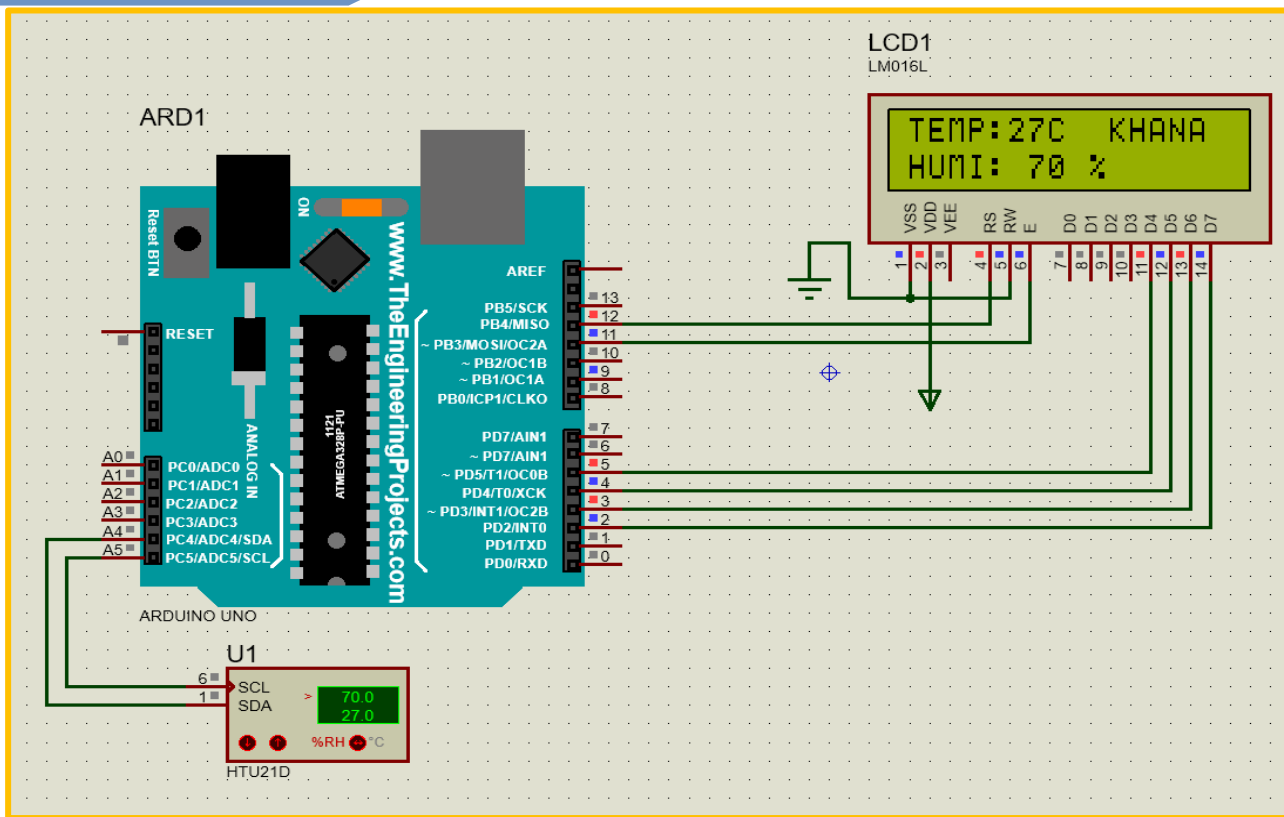
HTU21D

SHEMA INTERNE :



3.3 CHOIX DE CAPTEUR

Simulation sur Proteus (HTU21D)



3.3 CHOIX DE CAPTEUR

CAPTEUR DE QUALITE D AIR :

Nous avons choisi le capteur MQ-135 pour ses bonnes performances, sa large gamme de gaz détectés, sa disponibilité, son prix abordable et sa consommation modérée

Capteur	Gaz détectés	Plage de détection	Prix	Applications typiques
MQ-135	Ammoniac (NH_3), Benzène (C_6H_6), CO_2 , alcool, fumée	10 à 1000 ppm (NH_3)	5 à 10 €	Qualité de l'air, surveillance des gaz industriels.
CCS811	CO_2 , TVOCs (Composés Organiques Volatils Totaux)	400 à 8192 ppm (CO_2)	10 à 20 €	Surveillance de la qualité de l'air intérieur.
MH-Z19	Monoxyde de carbone (CO)	0 à 5000 ppm	20 à 30 €	Détection de CO pour la sécurité dans les bâtiments.
MICS-5524	Ammoniac (NH_3), Oxyde d'azote (NO), Monoxyde de carbone (CO), Méthane (CH_4)	0 à 1000 ppm (CO)	40 à 60 €	Applications industrielles et de sécurité.
Figaro TGS-813	Oxyde d'azote (NO), Ozone (O_3), Ammoniac (NH_3)	1 à 100 ppm (O_3)	15 à 25 €	Surveillance de la pollution industrielle.
SDS011	Particules fines ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10})	0 à 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 à 35 €	Mesure de la qualité de l'air (particules fines).
MICS-5524	Ammoniac (NH_3), Méthane (CH_4), Oxyde d'azote (NO), CO	1 à 1000 ppm	40 à 60 €	Applications de surveillance et de sécurité.

3.3 CHOIX DE CAPTEUR

CAPTEUR DE QUALITE D AIR :

Tension d'alimentation: $5V \pm 0.1V$

- Gaz détectés:

Ammoniac (NH_3) : entre 10 et 300 ppm

Oxyde d'azote (NO_x) : entre 10 et 1000 ppm

Dioxyde de carbone (CO_2) : entre 350 et 10 000 ppm

Benzène (C_6H_6) : entre 10 et 1000 ppm

Monoxyde de carbone (CO) : entre 10 et 1000 ppm

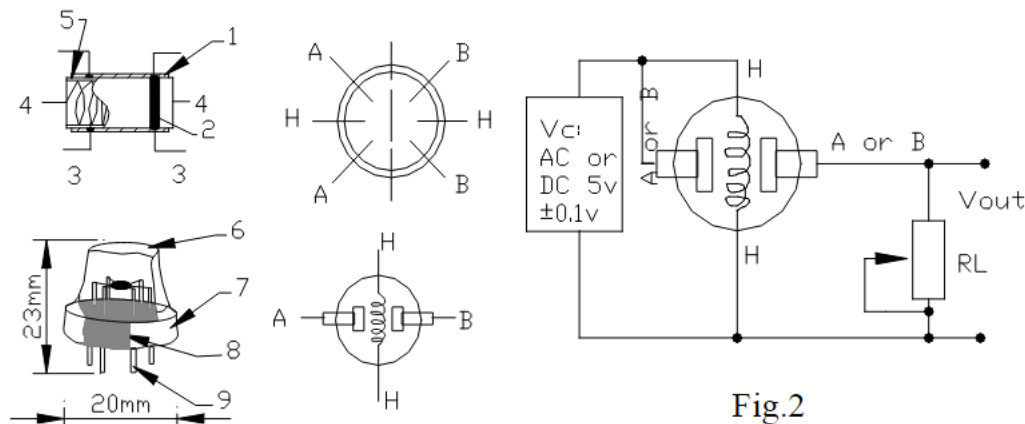
- Consommation d'énergie maximale: 150mA

- Compatible avec Arduino



MQ135

SHEMA INTERNE :



3.3 CHOIX DE CAPTEUR

Calcul de la concentration de gaz (ppm):

$$\frac{R_s}{R_0} = A' \cdot (\text{ppm})^{B'}$$



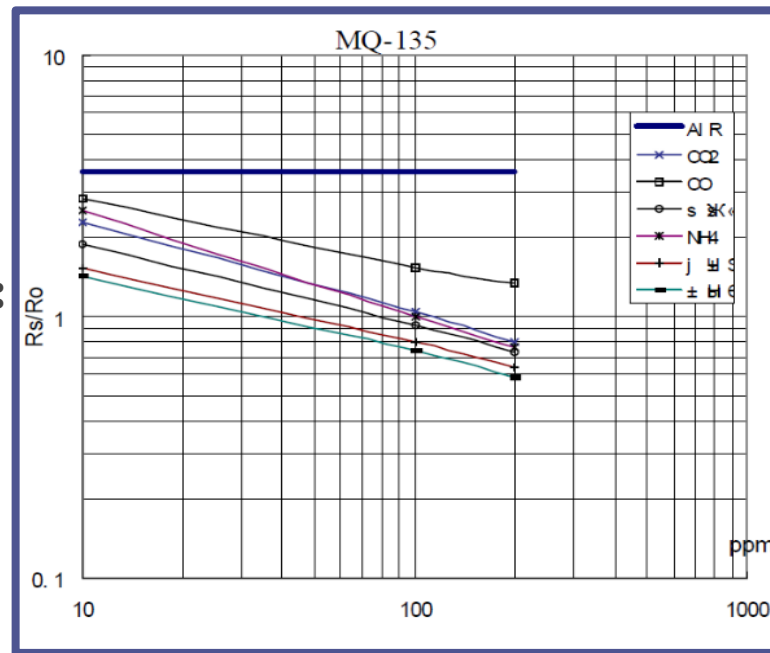
$$\text{ppm} = A \cdot \left(\frac{R_s}{R_0} \right)^{-B}$$

AVEC :

R_s : Résistance du capteur en présence de gaz

R_0 : Résistance du capteur dans l'air propre

A et B sont des constantes qui dépendent du gaz mesuré



La mesure de R_s :

$$R_s = R_L \times \left(\frac{V_C - V_{out}}{V_{out}} \right)$$

3.3 CHOIX DE CAPTEUR

Détermination de A et B pour carbone(CO):

CONCENTRATION (PPM)	Rs/R0
10	2,9
40	2

$$A = \frac{Rs/R0_2 - Rs/R0_1}{\log_{10}(ppm_2) - \log_{10}(ppm_1)} = \frac{2.0 - 2.9}{\log_{10} 40 - \log_{10} 10} = \frac{-0.9}{1.602 - 1} = -1.47$$

Et ensuite :

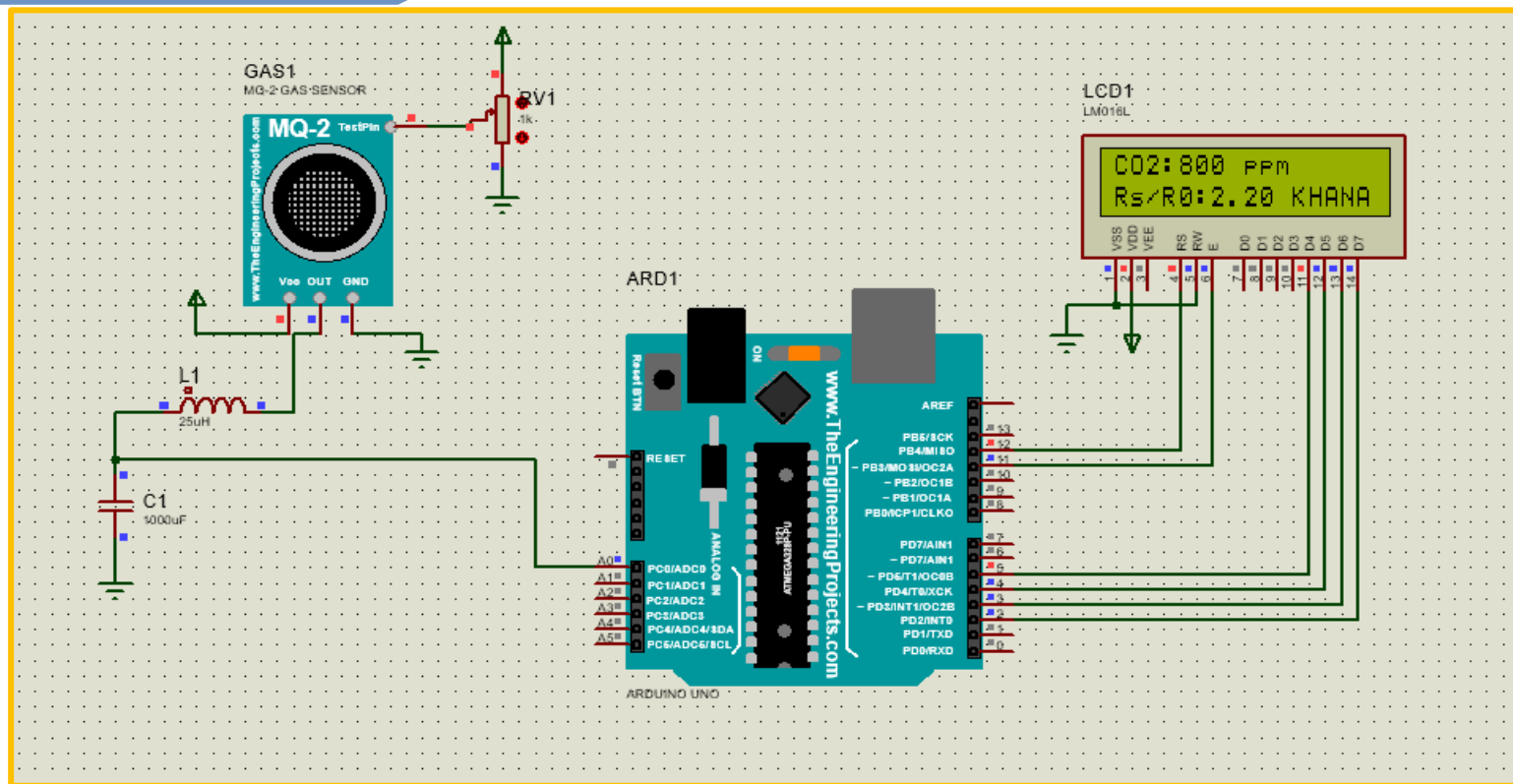
$$B = Rs/R0_1 - A \cdot \log_{10}(ppm_1) = 2.9 - (-1.47 \cdot 1) = 4.37$$

Détermination de A et B pour carbone(CO2):

CONCENTRATION (PPM)	Rs/R0
100	1
200	0,8

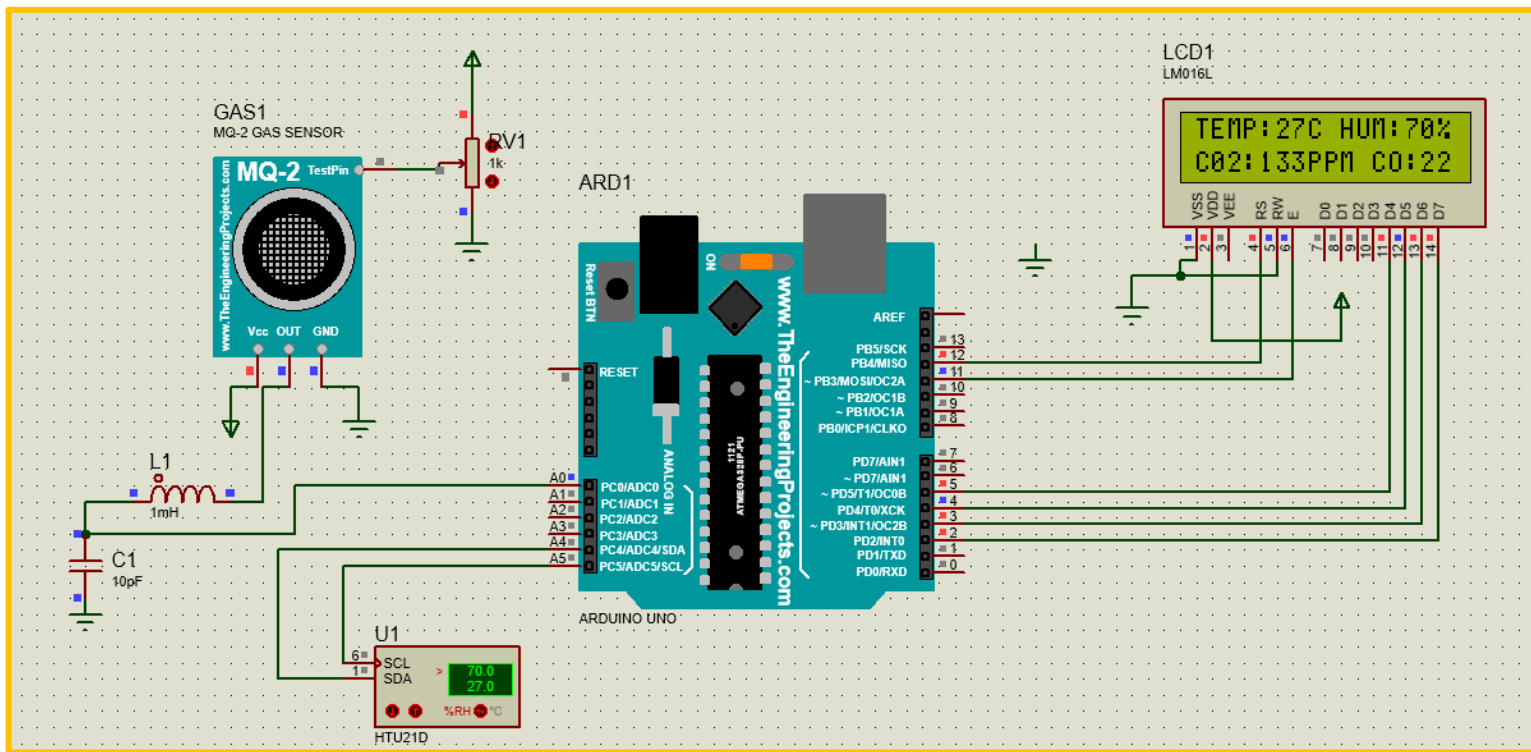
On obtient A=-0,66 B=2,32

3.3 CHOIX DE CAPTEUR

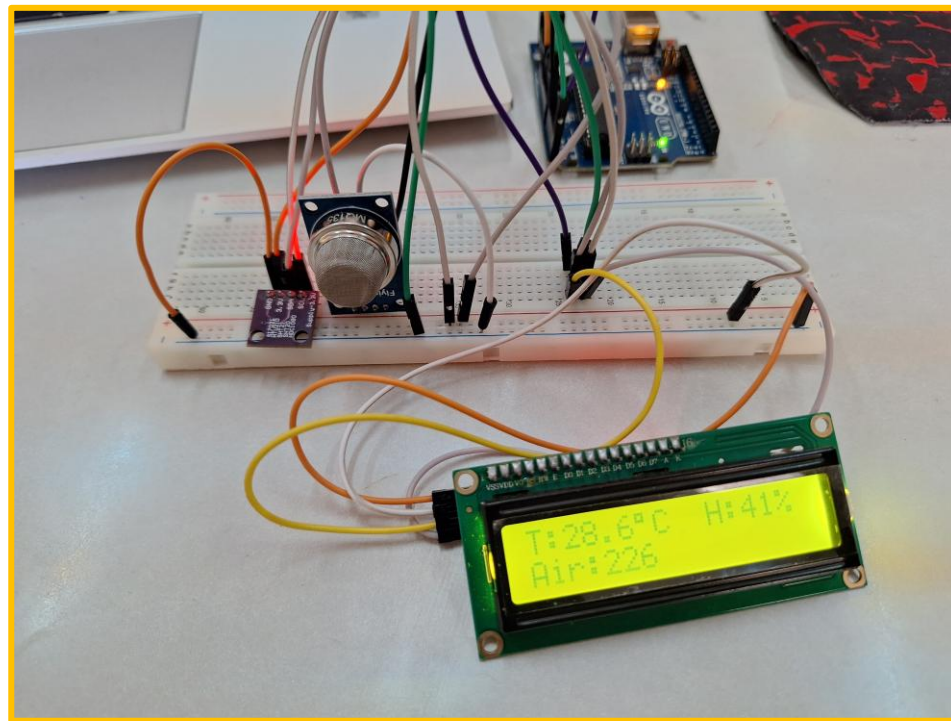


3.3 CHOIX DE CAPTEUR

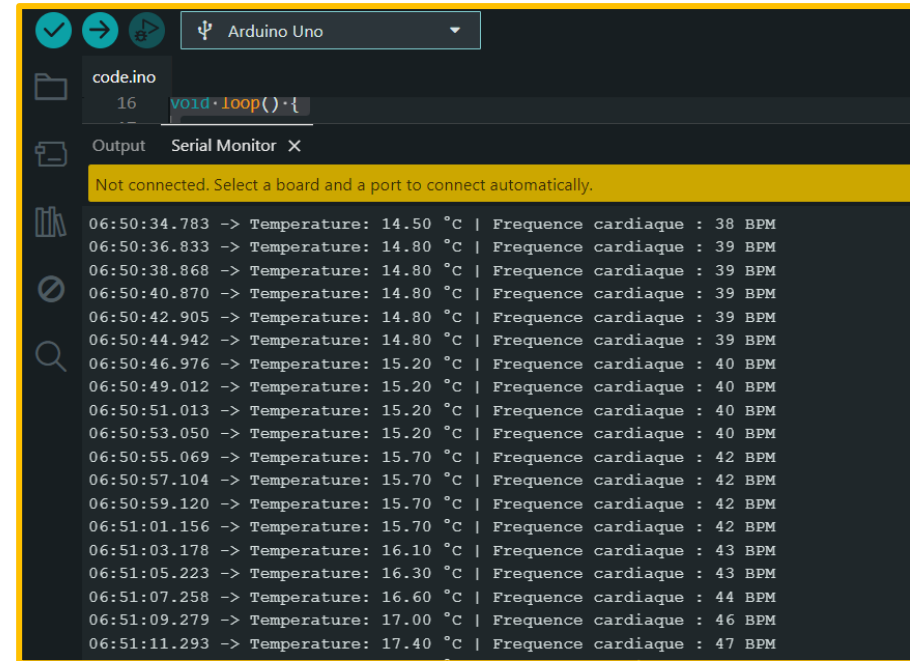
Schéma D'assemblage



3.3 CHOIX DE CAPTEUR



ASSEMBLAGE RÉEL



3.4 Satisfaire les objectifs

L'énergie dans le système varie à cause des flux d'énergie entrants et sortants.
C'est un principe fondamental en thermodynamique.

Mathématiquement :

Variation d'énergie = Energie apportée – Energie perdue

où :

I. L'énergie thermique de l'air est :

$$E = mcT$$

Variation de cette énergie $\frac{dE}{dt} = C \frac{dT}{dt}$ Avec $C = mc$

- m = masse d'air
- c = capacité thermique de l'air
- T = température

II. Énergie apportée

La source de chaleur est :

le chauffage

Il fournit une puissance thermique : P

1. Objectif

21

«requirement»
CALCUL DU PMV & PPD

Id = "1.2"
Text = "ADAPTER LE HI
POUR AVOIR UN INDICE
DE CHALEUR <27°C"

III. Pertes thermiques

1-La chaleur s'échappe par les murs.

Le phénomène est décrit par la **loi de transfert thermique** (convection/conduction).

La puissance perdue est :

$$P_{pertes} = hS(T - T_{ext})$$

où :

- h = coefficient de transfert thermique
- S = surface des murs
- T = température intérieure
- T_{ext} = température extérieure

2-La chaleur transportée par l'air est donnée par :

$$P_{vent} = \dot{m}c(T - T_{ext})$$

où :

- $\dot{m}$ = débit massique d'air
- c = capacité thermique de l'air
- T = température intérieure
- T_{ext} = température extérieure

IV. Bilan énergétique

On applique

$$\text{Accumulation} = \text{Apport} - \text{Pertes}$$

Donc

$$C \frac{dT}{dt} = P_{chauffage} - hS(T - T_{ext}) - \dot{m}c(T - T_{ext})$$

«requirement»
CALCUL DU PMV & PPD
Id = "1.2"
Text = "ADAPTER LE HI
POUR AVOIR UN INDICE
DE CHALEUR <27°C"

1. Objectif

«requirement»
CALCUL DU PMV & PPD
Id = "1.2"
Text = "ADAPTER LE HI
POUR AVOIR UN INDICE
DE CHALEUR <27°C"

$$Q = \frac{101}{3600}$$
$$Q = \frac{0.028 \text{ m}^3}{s}$$

Coefficient de perte thermique par ventilation :

$$k_{vent} = \rho C_p Q$$
$$k_{vent} \approx 33.7$$

Système de chauffage

Nombre de lampes :

$$n = 3$$

Puissance d'une lampe :

$$P_{lampe} = 120 \text{ W}$$

Puissance totale :

$$P_{total} = 360 \text{ W}$$

HYPOTHÈSES :

Hypothèse d'une chambre
d'hôpital standard.

$$L = 4.5 \text{ m} \quad l = 3 \text{ m} \quad h = 3 \text{ m}$$

Volume :

$$V = L \times l \times h$$
$$V = 40.5 \text{ m}^3$$

Propriétés de l'air

Densité de l'air :

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

Capacité thermique de l'air :

$$C_p = 1005 \text{ J/(K} \cdot \text{gK)}$$

Masse d'air dans la chambre :

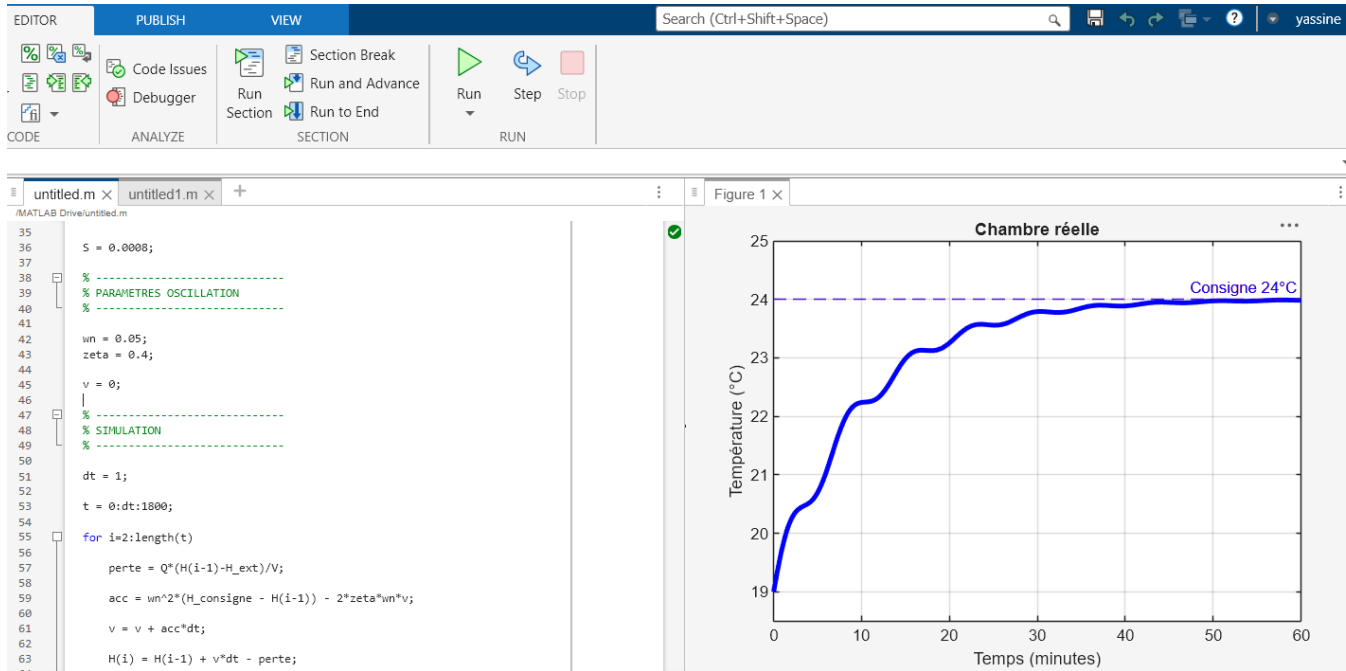
$$m = \rho V$$
$$m = 1.2 \times 40.5$$
$$m = 48.6 \text{ kg}$$

Ventilation

Débit d'air :

$$Q = \frac{101 \text{ m}^3}{h}$$

Conversion :



«requirement»
CALCUL DU PMV & PPD
 Id = "1.2"
 Text = "ADAPTER LE HI
 POUR AVOIR UN INDICE
 DE CHALEUR <27°C"

SIMULATION MATLAB :

Dans une chambre d'hôpital, l'humidité varie à cause de :

Sources d'humidité

- respiration du patient
- évaporation
- humidificateur

Pertes d'humidité

- ventilation
- absorption par les murs

Donc le **bilan de vapeur d'eau** est :

$$\frac{dH}{dt} = \frac{S - Q(H - H_{ext})}{V}$$

On garde la **même chambre** :

Volume :

$$V = 40.5 \text{ m}^3$$

Débit ventilation :

$$Q = 101 \text{ m}^3/\text{h}$$

où :

H : humidité dans la chambre (%)

S : source d'humidité

Q : débit d'air

H_{ext} : humidité extérieure

V : volume de la chambre

Humidité extérieure :

$$H_{ext} = 40\%$$

Humidité initiale :

$$H_0 = 30\%$$

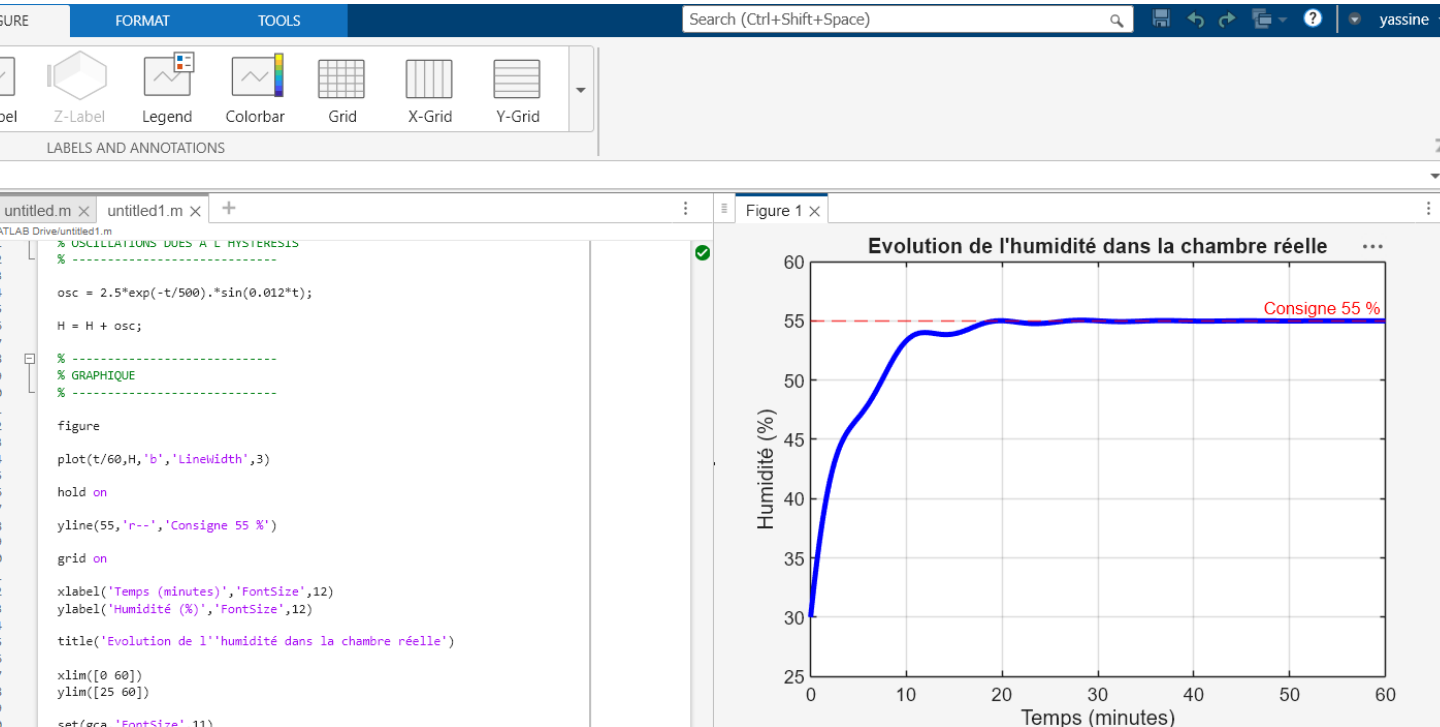
Humidité idéale pour hôpital :

$$H_{consigne} = 55\%$$

2. Objectif

25

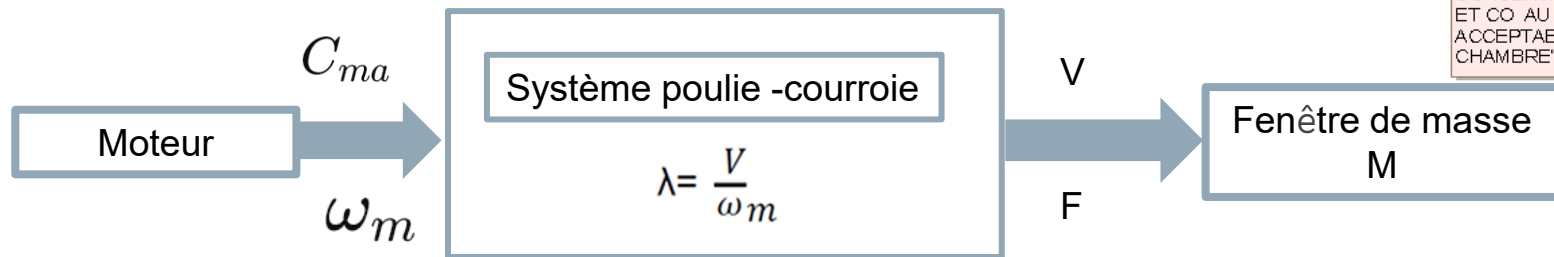
«requirement»
REGULATION D HUMIDITE
Id = "1.3"
Text = "MAINTENIR UN HUMIDITE RELATIVE ENTRE 40% ET 60 %"



«requirement»
REGULATION D HUMIDITE
Id = "1.3"
Text = "MAINTENIR UN
HUMIDITE RELATIVE
ENTRE 40% ET 60 %"

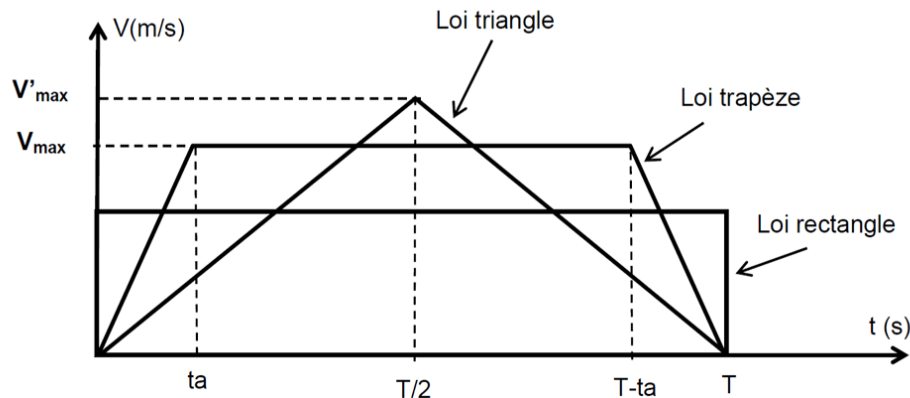
SIMULATION MATLAB :

Motorisation de fenêtre: étude dynamique



On souhaite déplacer la fenêtre d'une distance X pendant un temps T .

Pour réaliser ce déplacement, plusieurs lois de vitesse sont possibles



«requirements»
QUALITE D AIR
Id = "1.4"
Text = "MAINTENIR LA
CONCENTRATION DE CO2
ET CO AU NIVEAU
ACCEPTABLES DANS LA
CHAMBRE"

Motorisation de fenêtre: étude dynamique

La puissance maximale du moteur est atteinte pendant la phase d'accélération.

$$P_{max} = C_{ma} \times \omega_{mmax}$$

Donc

$$P_{max} = C_{ma} \times \frac{V_{max}}{\lambda}$$

Et puis que

$$C_{ma} = J_e \times \alpha$$

avec :

J_e : moment d'inertie équivalent ramené sur l'axe moteur
 α : accélération angulaire

Or $\alpha = \frac{a_{max}}{\lambda}$ et $a_{max} = \frac{V_{max}}{t_a}$

Alors

$$C_{ma} = \frac{J_e}{\lambda} \times \frac{V_{max}}{t_a}$$

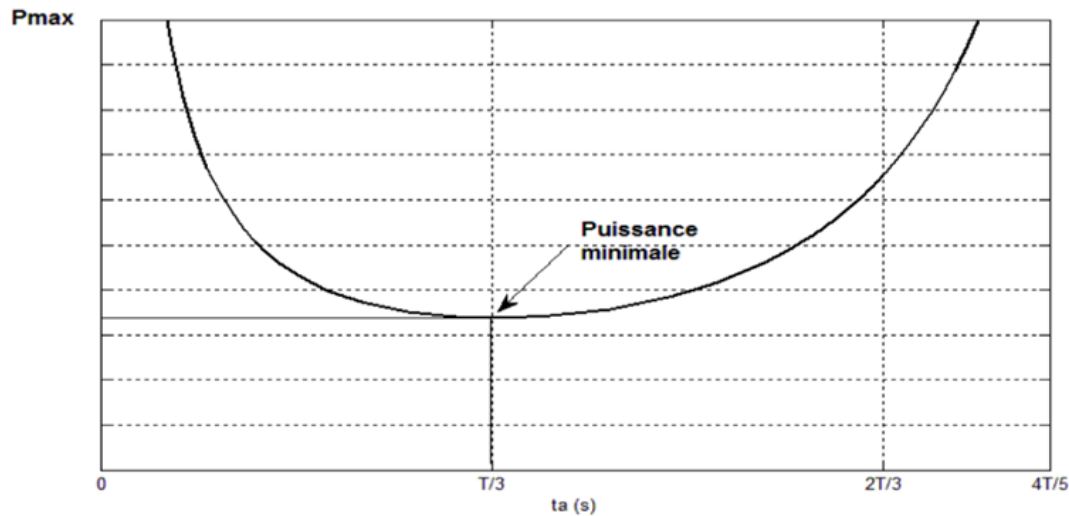
On remplace

$$P_{max}(X) = J_e \frac{X^2}{t_a(T - t_a)^2} \quad \text{avec} \quad X = V_{max}(T - t_a)$$

3. Objectif

«requirements» QUALITE D AIR
Id = "1.4" Text = "MAINTENIR LA CONCENTRATION DE CO2 ET CO. AU NIVEUX ACCEPTABLES DANS LA CHAMBRE"

Motorisation de fenêtre: étude dynamique



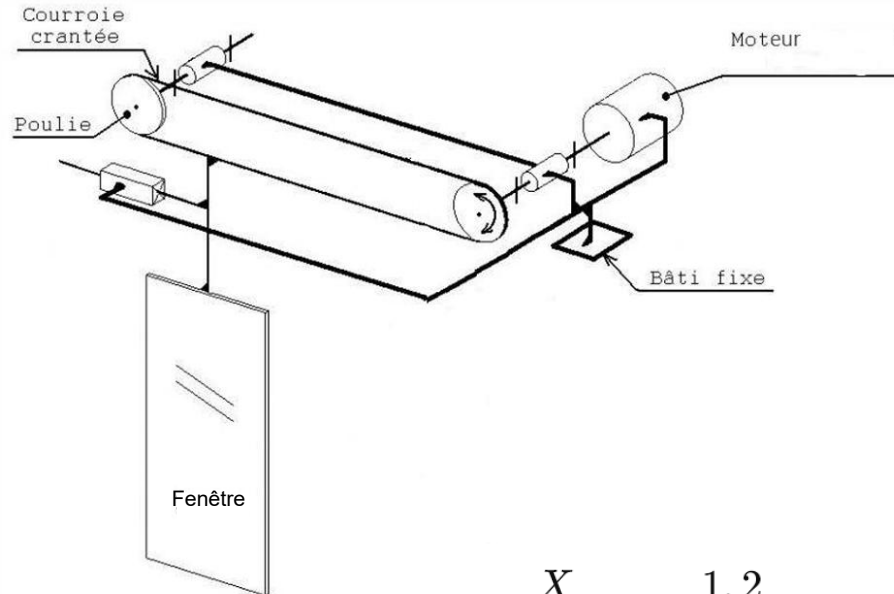
La courbe associée à P_{max}

3. Objectif

«requirement» QUALITE D AIR
Id = "1.4" Text = "MAINTENIR LA CONCENTRATION DE CO2 ET CO AU NIVEUX ACCEPTABLES DANS LA CHAMBRE"

En conclusion, la loi de commande est optimale si : $t_a = T/3$ et donc une loi en trapèze

Dimensionnement et choix du moteur :



Vitesse maximale

$$V_{max} = \frac{X}{T - t_a} = \frac{1,2}{3,333} \approx 0,36 \text{ m/s}$$

Accélération maximale

$$a_{max} = \frac{V_{max}}{t_a} = \frac{0,36}{1,667} \approx 0,216 \text{ m/s}^2$$

3. Objectif

«requirement»
QUALITE D AIR

Id = "1.4"
Text = "MAINTENIR LA
CONCENTRATION DE CO2
ET CO AU NIVEAU
ACCEPTABLES DANS LA
CHAMBRE"

HYPOTHÈSES

- $X=1,2\text{m}$: course totale de la fenêtre
- $m=15\text{kg}$: masse de la fenêtre
- $T=5\text{s}$: durée totale du mouvement
- $r=10\text{mm}=0,01\text{m}$: rayon des poulies
- $\eta=0,9$: rendement des poulies
- $f=0,05$: coefficient de frottement visqueux

Dimensionnement et
choix du moteur :
Principe Fondamental de la Dynamique

Le système étudié est :

$$\Sigma = \{ rotor \text{ du moteur } + poulie + fen\hat{e}tre \}$$

On obtient

$$m \cdot a_{max} = F_{pc} - f \cdot V_{max}^2$$

Donc la force de traction du câble :

$$F_{pc} = m \cdot a_{max} + f \cdot V_{max}^2 \approx 3,25 \text{ N}$$

Couple moteur $C_m = r \cdot F_{pc}$
 $\approx 0,0325 \text{ Nm}$

Vitesse angulaire maximale du moteur

$$\omega_{mmax} = \frac{V_{max}}{r} = \frac{0,36}{0,01} = 36 \text{ rad/s}$$

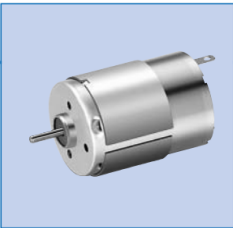
En tours par minute :

$$\omega_{mmax} = 36 \cdot \frac{60}{2\pi} \approx 343,8 \text{ tr/min}$$

3. Objectif

«requirement»
QUALITE D AIR

Id = "1.4"
Text = "MAINTENIR LA
CONCENTRATION DE CO2
ET CO AU NIVEUX
ACCEPTABLES DANS LA
CHAMBRE"



RS-385PH

MABUCHI MOTOR
Carbon-brush motors

OUTPUT : 0.9W~40W (APPROX) WEIGHT : 82g (APPROX)

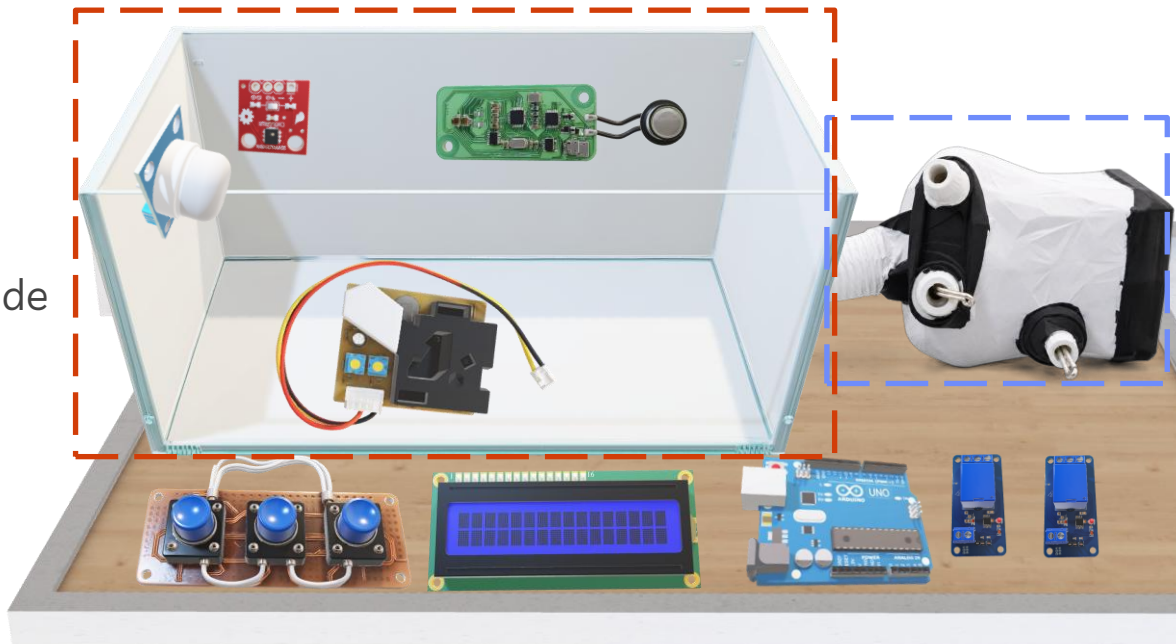
Typical Applications Automotive Products : Automatic Cruise Control / Intake Manifold Control Valve
Home Appliances
Precision Instruments : Printer / Copy Machine / Laser Printer

MODEL		VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					STALL		
		OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	TORQUE		CURRENT
				r/min	A	r/min	A	mN-m	g-cm	W	mN-m	g-cm	A
RS-385PH-16140	(*1)	12~30	24V CONSTANT	8700	0.070	7420	0.41	8.30	84.6	6.44	56.4	575	2.35
RS-385PH-17120	(*2)	8~35	23.5V CONSTANT	8600	0.076	7430	0.48	10.1	103	7.82	73.8	752	3.05

4.1 Conception avant réalisation :

Étape 1 : Schématisation-Modèle 3D

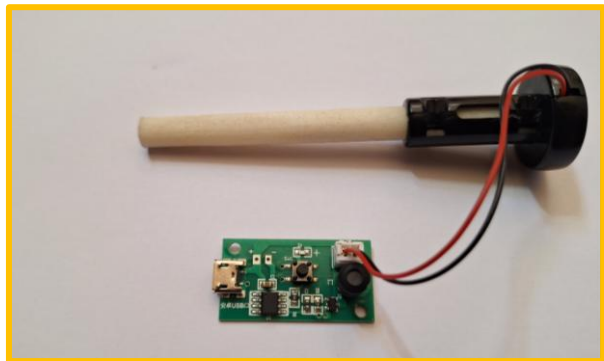
L'idée initiale : concevoir un système de contrôle pour une salle, composé de deux blocs essentiels — le bloc de détection et le bloc de chauffage





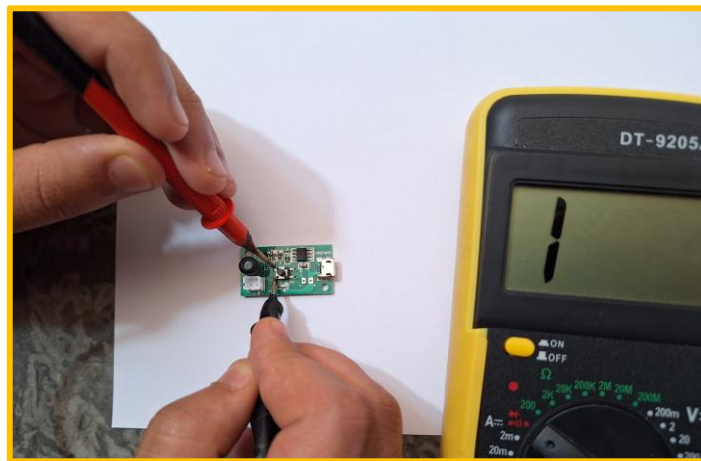
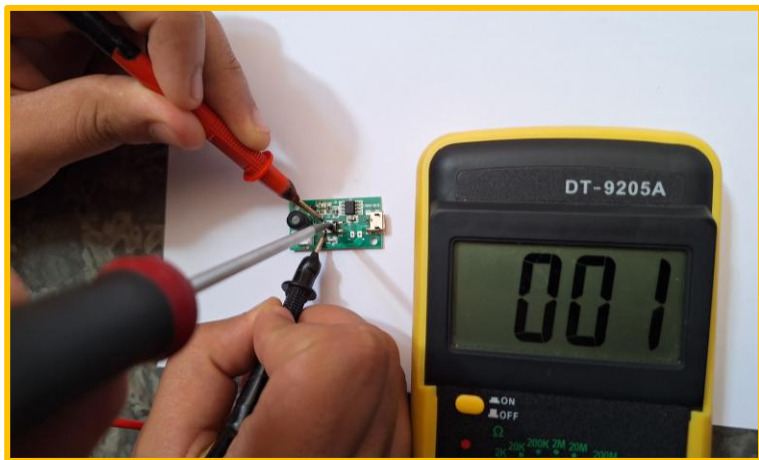
HUMIDIFICATEUR

Étape 2 : Adapter l'humidificateur



Afin d'augmenter l'humidité de la chambre, j'ai choisi d'utiliser cet humidificateur. Cependant, deux contraintes majeures ont été identifiées :

- 1- Alimentation uniquement par port micro-USB**
- 2- Commande manuelle par bouton poussoir**



Étape 2 : Adapter l'humidificateur

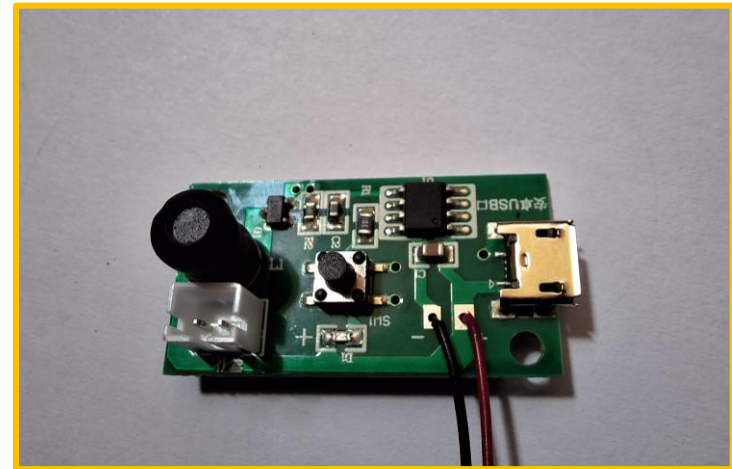
Pour intégrer l'humidificateur au système automatisé, deux adaptations ont été effectuées :

1. Remplacement de la source d'alimentation

Utilisation d'une alimentation adaptée au système embarqué.

2. Suppression de la commande manuelle

Shuntage du bouton poussoir afin de permettre une commande électronique par l'Arduino.

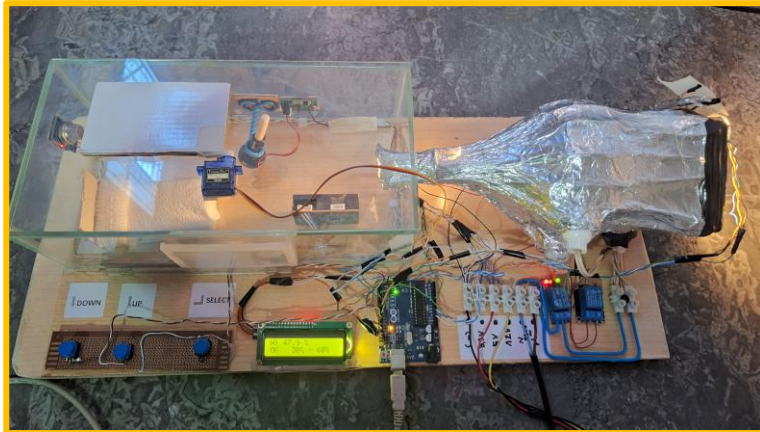


Étape 3 : Bloc de chauffage



Afin de gérer la température de la chambre, j'étais besoin de créé ce bloc de chauffage. Cependant, il fonctionne en 2 modes

- 1- Mode de refroidissement: seul ventilateur qui fonctionne a 80%**
- 2- Mode de chauffage : les lampes s'allument avec ventilateur 35%**



4.2 Affichage :

Méthode 1 : Afficheur LCD

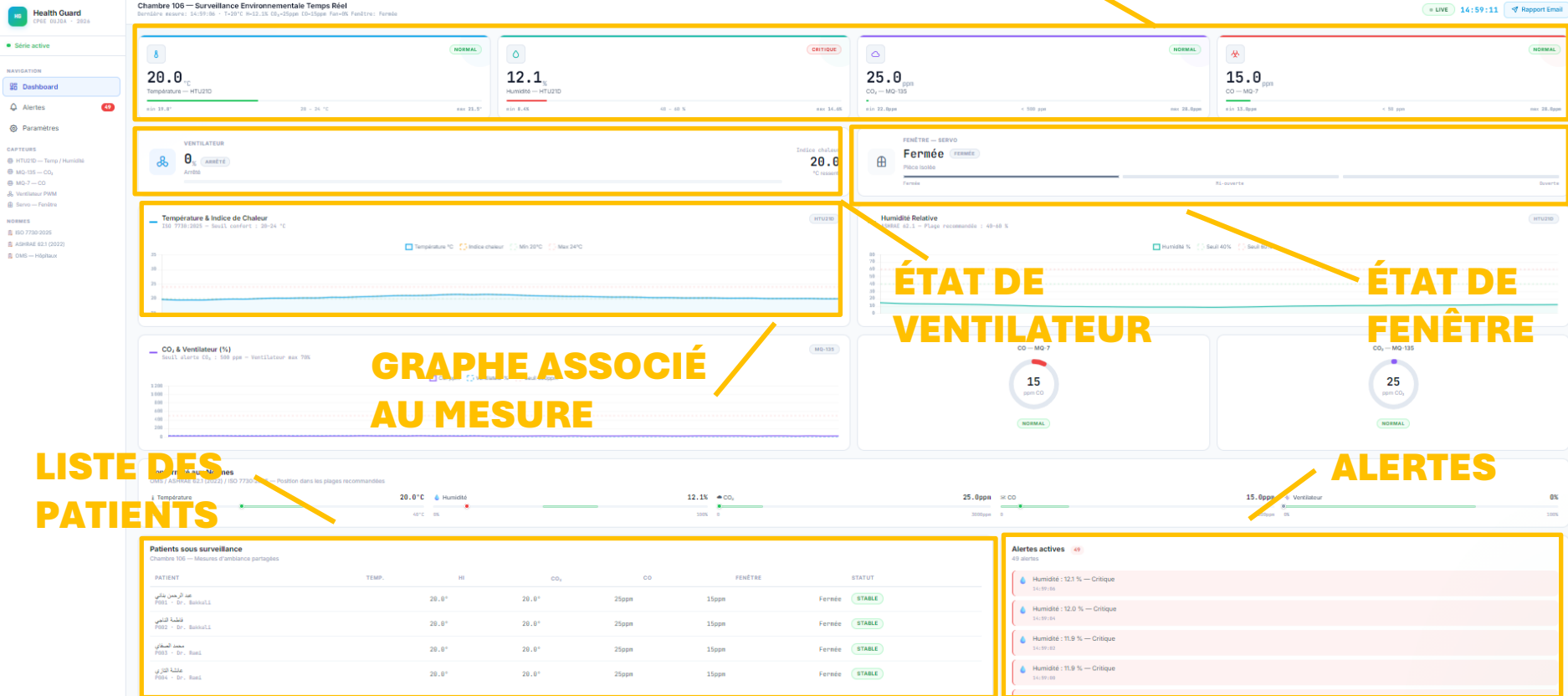


4.2 Affichage :

39

Méthode 2 : Interface web

LES FACTEURS MESURÉS



4.2 Affichage :

40

Méthode 2 : Interface web

**VITESSE DE
COMMUNICATION**

**ADRESSE MAIL
DE ÉMETTEUR**

**LISTE DES
SEUILS**

A l'aide de ces bibliothèques :

Flask → création de l'interface web et des API.

Serial (PySerial) → communication entre Python et Arduino.

Serial.tools.list_ports → détection des ports COM disponibles.

MIMEText → création du contenu des e-mails.

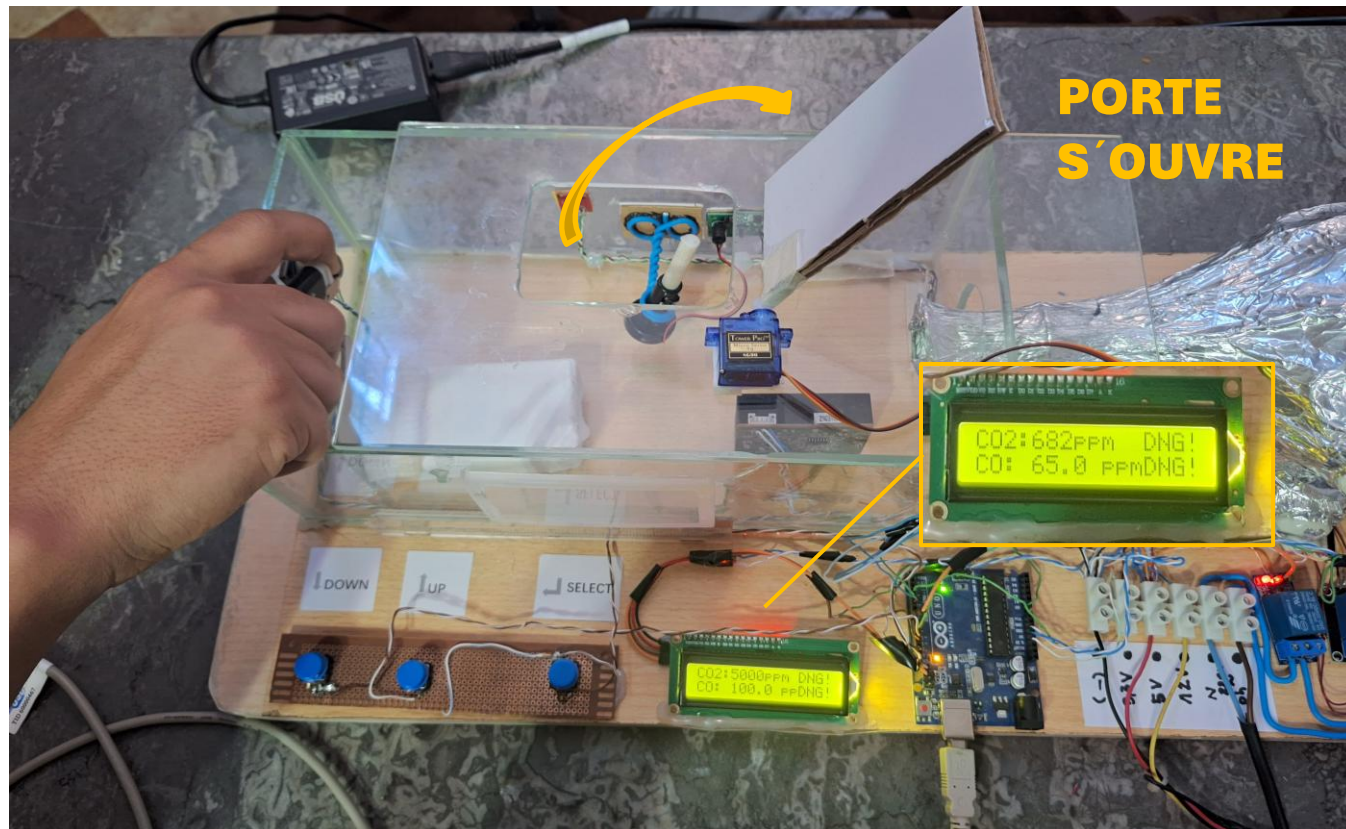
Header → gestion de l'objet et de l'encodage des e-mails.

**RÉCEPTION
DE MAIL**

The image displays two screenshots. The top screenshot shows the 'Health Guard' web interface for 'Chambre 106 - Surveillance Environnementale Temps Réel'. It features a sidebar with navigation links like 'Dashboard', 'Alertes', and 'Paramètres'. The main content area shows 'PORT SÉRIE' with a dropdown menu set to '9600' and a checkbox for 'Activer les alertes email automatiques' which is checked. Below this, the 'Email de réception' field is set to 'pastilla@gmail.com'. To the right, a 'SEUILS D'ALERTE' (Alert Thresholds) panel lists various parameters with their respective thresholds: Temp. min confort (°C) at 20, Temp. max confort (°C) at 24, Humidité min (%) at 40, Humidité max (%) at 60, CO2 seuil alerte (ppm) at 1000, and CO2 seuil alerte (ppm) at 100. A 'Sauvegarder' (Save) button is at the bottom of this panel. The bottom screenshot shows a Gmail inbox. The selected email is from 'kaye90212@gmail.com' with the subject 'Health Guard - Humidité critique'. The email body contains the text: 'Alerte critique à 14:54:44 Humidité : 77.1 % - Critique Hôpital - Oujda'. Below this, a smaller email from the same sender is visible, dated 'Alerte critique à 14:57:24 Humidité : 14.6 % - Critique'.

4.3 Traitement des cas :

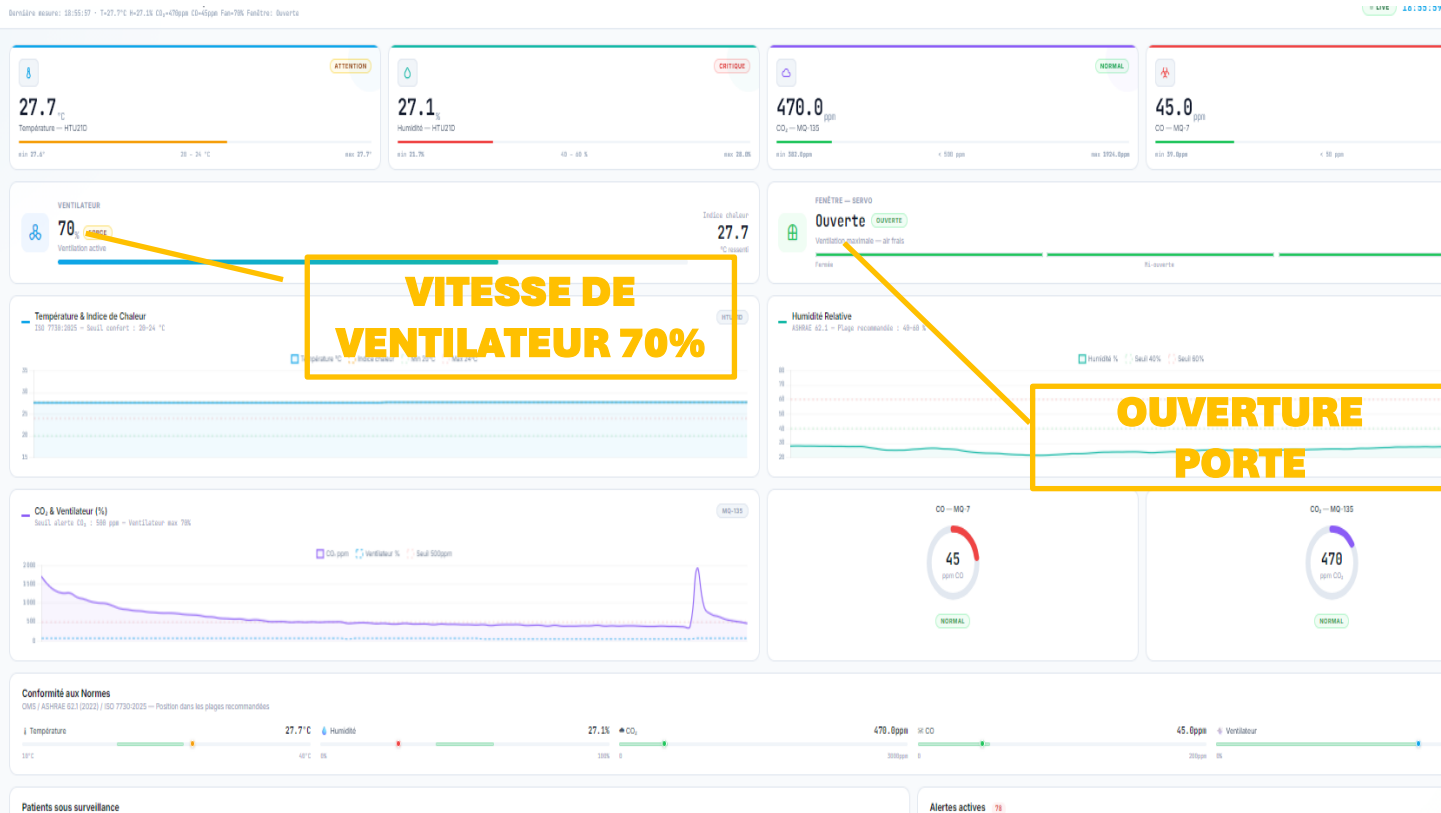
1^{er} cas : Gaz DANGER!!!



Après l'exposition au gaz du briquet, le capteur MQ-135 présente une phase de saturation durant laquelle les concentrations mesurées de CO₂ et de CO dépassent les seuils de sécurité

4.3 Traitement des cas :

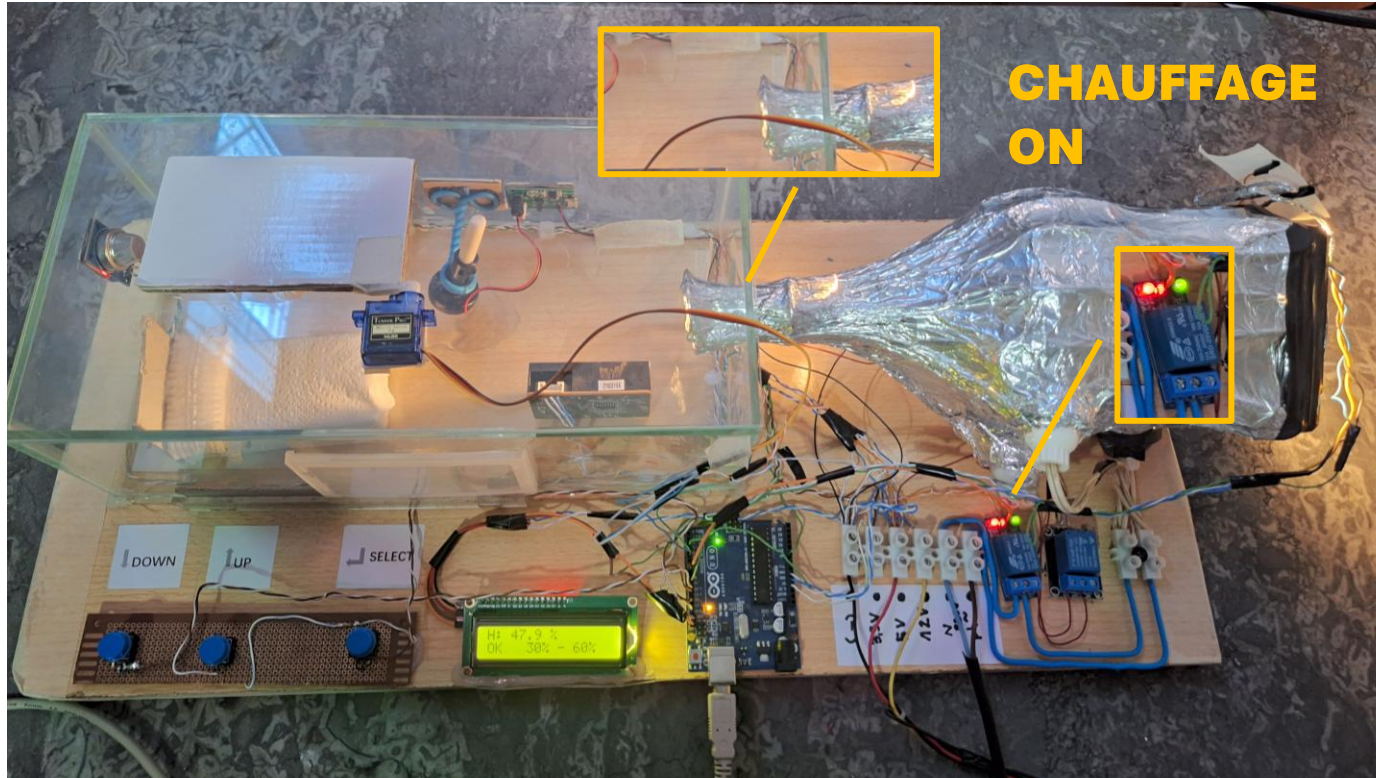
1^{er} cas : Gaz DANGER!!!



Dès que le niveau de danger est atteint, la fenêtre s'ouvre complètement et le ventilateur fonctionne à 70 % de sa vitesse maximale.

4.3 Traitement des cas :

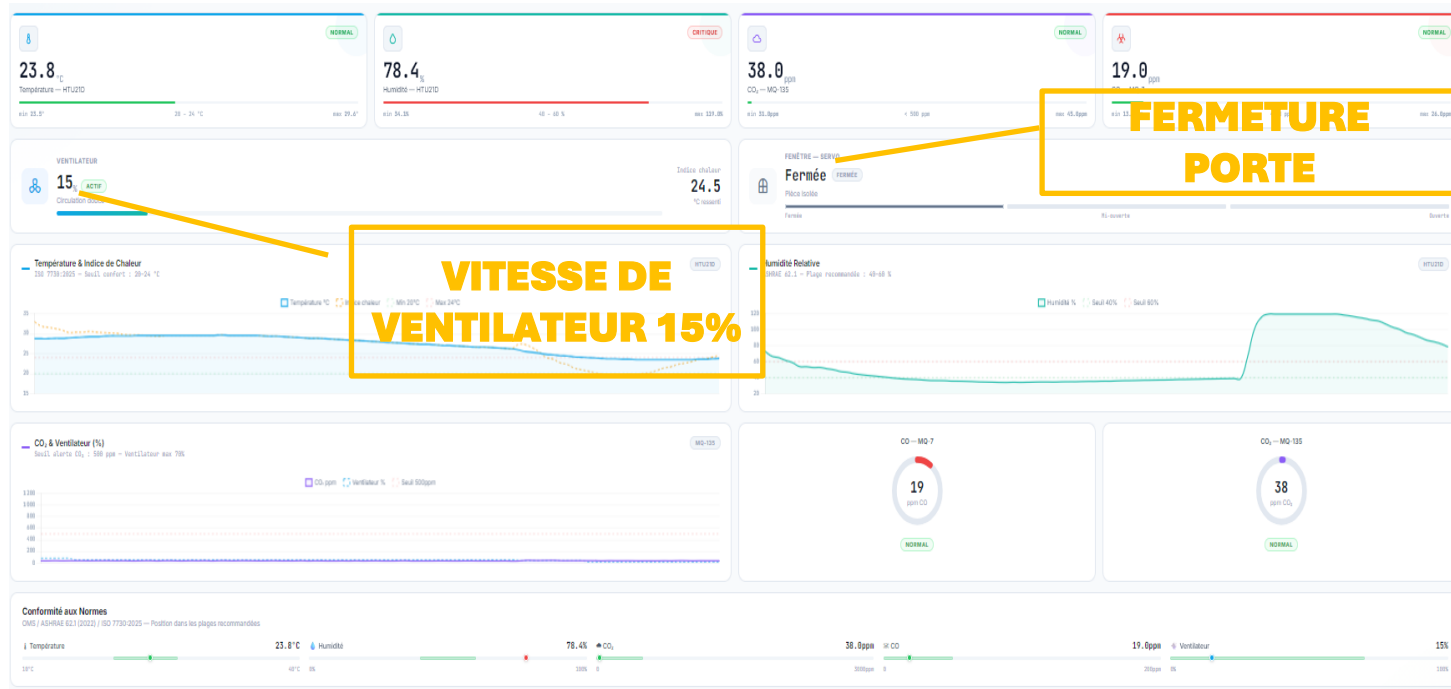
2^e cas : Air humide a basse température



Après l'ajout de glace afin de simuler une situation de refroidissement, on observe une diminution de la température accompagnée d'une augmentation de l'humidité relative.

4.3 Traitement des cas :

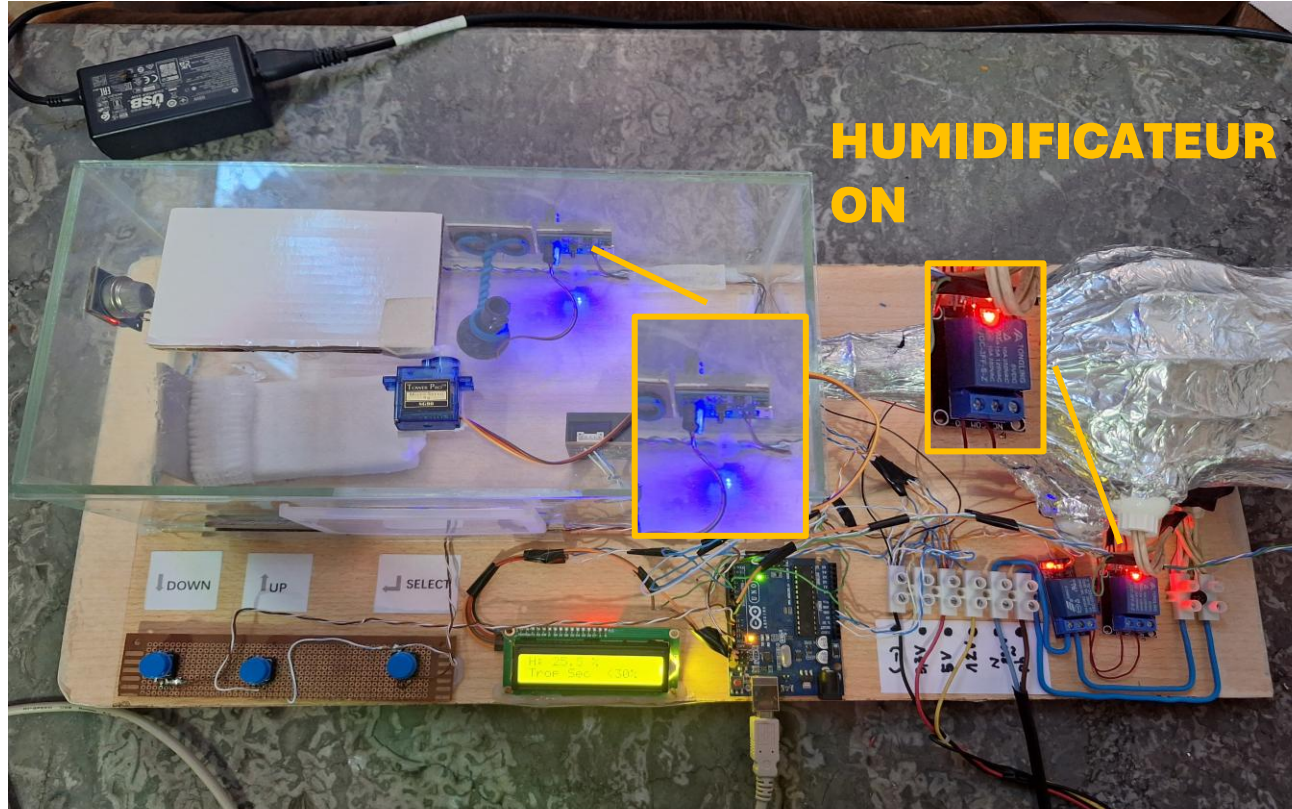
2^e cas : Air humide a bsse température



Lorsque les seuils prédéfinis sont atteints, le système active le chauffage tandis que le ventilateur est réglé à 80 % de sa vitesse maximale afin de rétablir les conditions de confort

4.3 Traitement des cas :

3^e cas : Air sec a base température

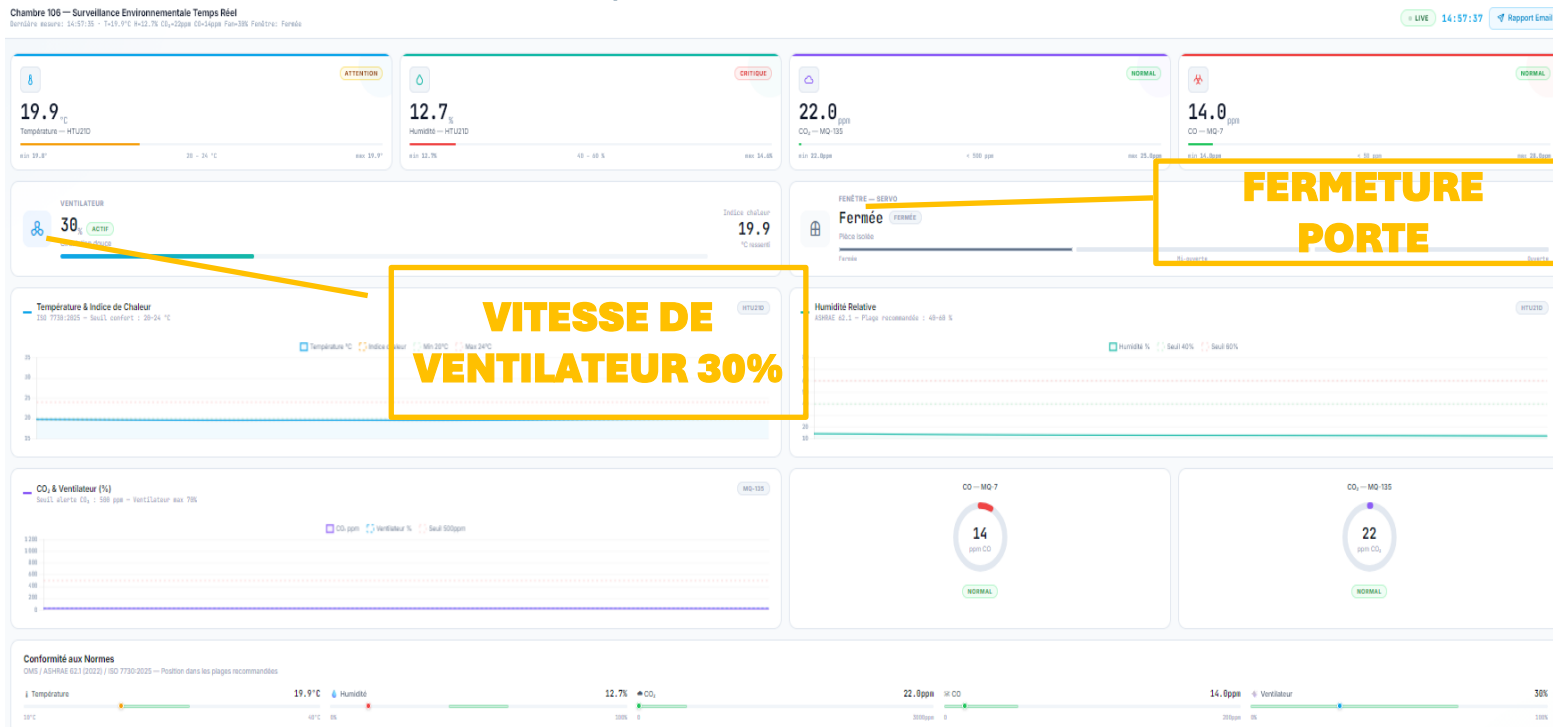


Après avoir créé une situation artificielle en asséchant l'air, on observe une augmentation de la température accompagnée d'une diminution de l'humidité relative

4.3 Traitement des cas :

3^e cas : Air sec a base température

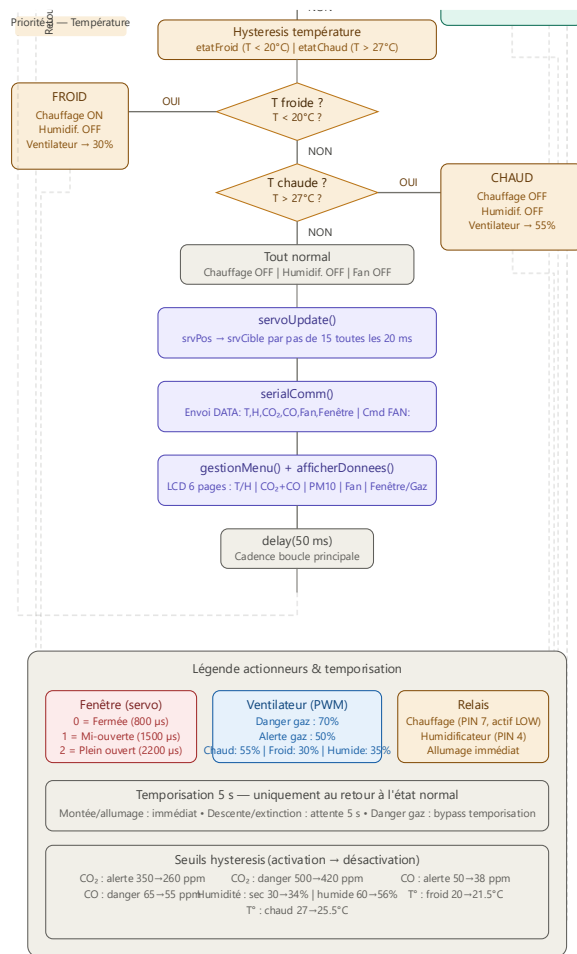
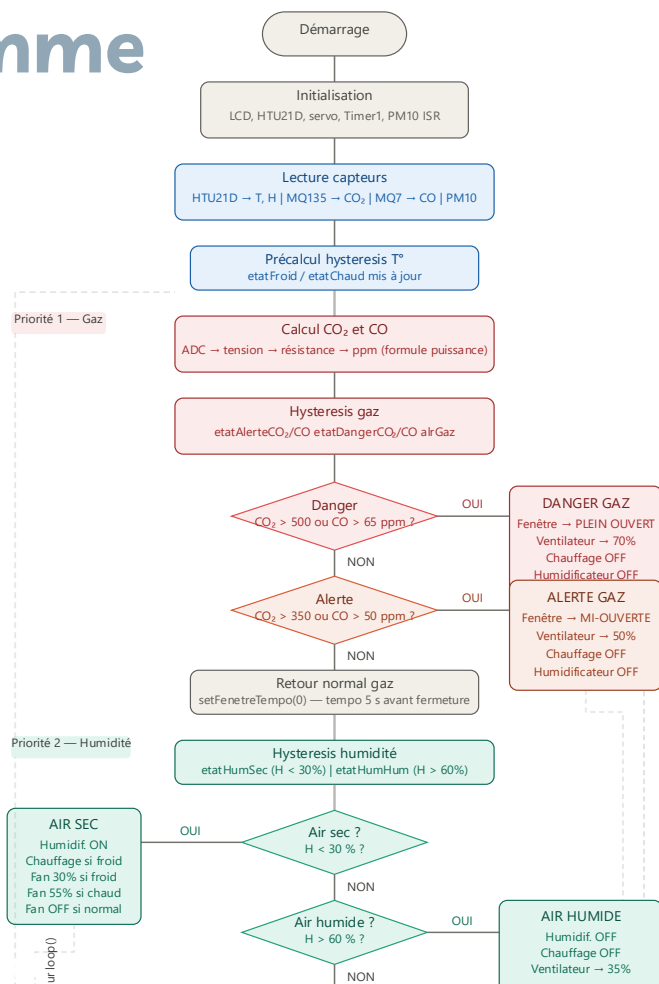
Chambre 106 — Surveillance Environnementale Temps Réel
Système installé : S437135 - T435-9°C - R432-78 CO₂2024 - O5-G44444 Fan-30% - P440344 - F440344



Lorsque le seuil d'humidité minimale est atteint, l'humidificateur est activé tandis que le ventilateur est maintenu à 30 % de sa vitesse maximale

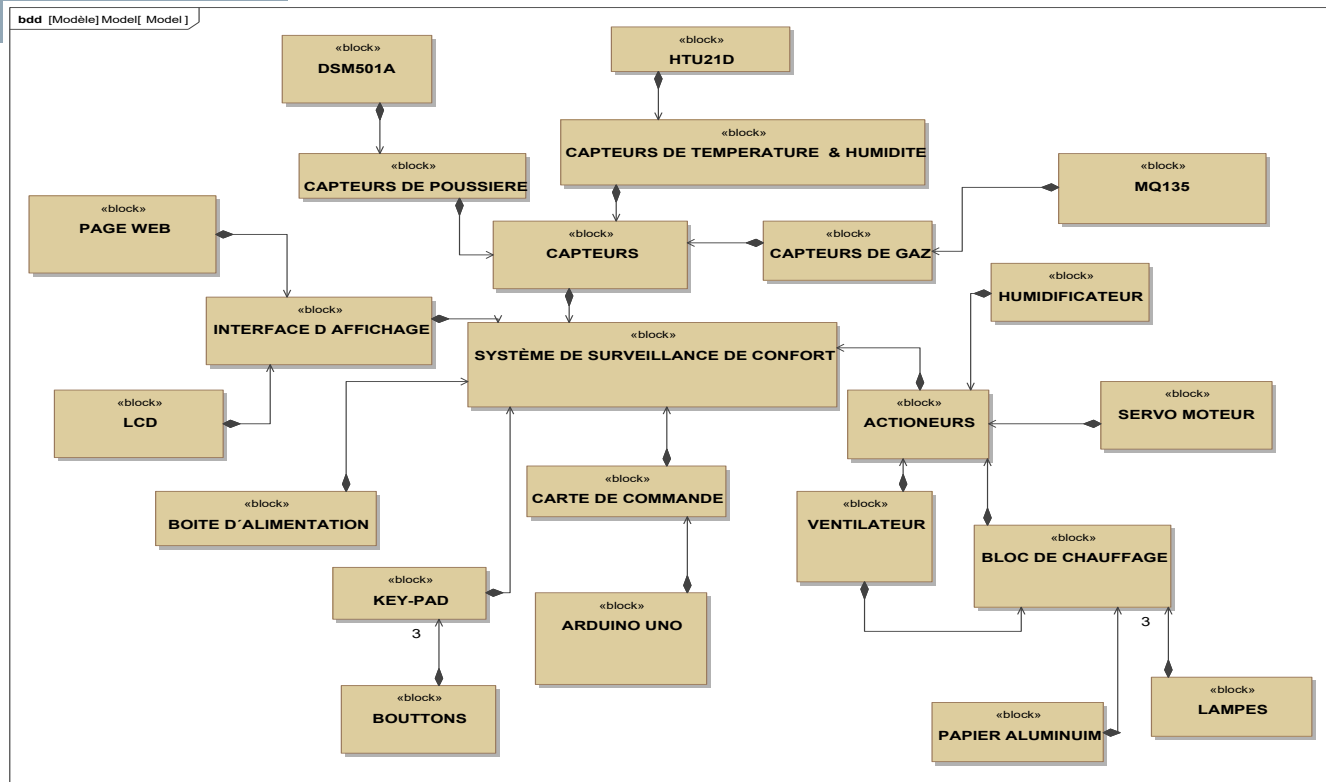
Organigramme

47



APPROCHE FONCTIONNELLE

DIAGRAMME DE BLOCK



5.1 Analyse des écarts TEMPÉRATURE

La température monte plus rapidement dans le système réel ($\tau = 13$ s contre 15 s dans MATLAB), grâce à la réponse rapide du chauffage électrique.

● Régulation Température
 $T_0 = 19^\circ\text{C}$ → consigne 24°C · ISO 7738:2025

— MATLAB — Python — Consigne 24°C

1. La constante de temps τ (vitesse de montée)



2. L'amplitude des oscillations (dépassement)

● Écart de Température (MATLAB - Python)
 RMSE = 0.167°C · Écart max = 0.526°C



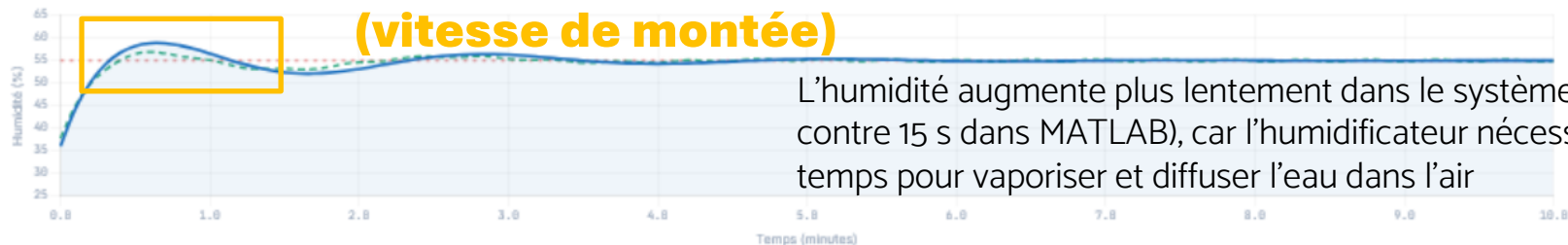
Le dépassement réel est d'environ $2,1^\circ\text{C}$ contre $2,8^\circ\text{C}$ dans MATLAB. Les échanges thermiques avec l'environnement amortissent la réponse du système et réduisent le dépassement.

5.1 Analyse des écarts HUMIDITÉ

Régulation Humidité

$H_0 = 36\% \rightarrow$ consigne 55% - ASHRAE 62.1

MATLAB Python Consigne 55%



1. La constante de temps τ (vitesse de montée)

L'humidité augmente plus lentement dans le système réel ($\tau = 17$ s contre 15 s dans MATLAB), car l'humidificateur nécessite un certain temps pour vaporiser et diffuser l'eau dans l'air

Écart d'Humidité (MATLAB - Python)

RMSE = 0.715% - Écart max = 2.397%



2. L'amplitude des oscillations (dépassement)

Le dépassement réel est d'environ 6,2 % contre 8 % dans MATLAB. La diffusion progressive de l'humidité dans la chambre amortit la réponse du système et limite le dépassement.

DÉBIT DE L'AIR

MODÈLE DE LA SALLE :

Longeur : 4,5 m

Largeur : 3 m

Hauteur : 3 m

D'où le volume de la chambre sera : 40,5 m³

51

ANNEXE

DEBIT SELON ASHRAE 62.1(2022) :

Les chambres d'hôpital sont classées dans la catégorie "Patient Rooms" de la norme.

Le débit d'air neuf exigé comprend :

un débit par personne : 36 m³/h/personne,

un débit par surface : 2,16 m³/h/m².

Dimensions de la chambre : 4,5 × 3,0 m = **13,5 m².**

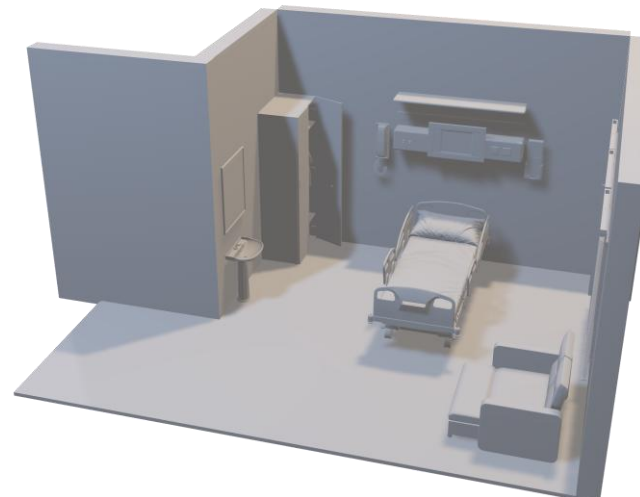
Hypothèse d'occupation : **2 personnes** (1 patient + 1 visiteur / personnel).

Débts requis :

Débit lié aux occupants : $36 \times 2 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$,

Débit lié à la surface : $2,16 \times 13,5 = 29,2 \text{ m}^3/\text{h}$,

Besoin total pour la chambre : $\geq 101 \text{ m}^3/\text{h}$.



Solutions Utilisées

Pour L Humidité:

Dans une chambre confortable :

$$40\% \leq H \leq 60\%$$

Nous avons choisi pour avoir une régulation forcée



Pour rester dans un cadre esthétique tout en améliorant le confort intérieur, l'utilisation de plantes d'intérieur permet de stabiliser l'humidité de l'air grâce à leur transpiration naturelle.



INDICE DE CHALEUR

selon la norme ISO 7730(2025):

L'indice de chaleur est une mesure qui indique à quel point la température est ressentie par le corps humain, en tenant compte de l'humidité de l'air.

$$HI = c_1 + c_2T + c_3\varphi + c_4T\varphi + c_5T^2 + c_6\varphi^2 + c_7T^2\varphi + c_8T\varphi^2 + c_9T^2\varphi^2$$

Avec:

- T exprime la température en °C ou °F .
- φ l'humidité relative de l'air en %.
- Les valeurs c sont des paramètres constants et indépendants de l'unité de température

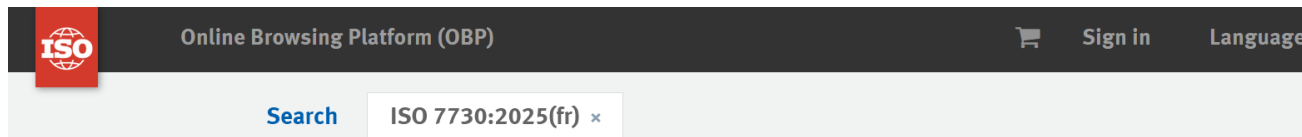
Paramètres pour le calcul de HI

PARAMÈTRE	EN °C	EN °F
C ₁	-8,785	-42,379
C ₂	1,611	2,049
C ₃	2,339	10,143
C ₄	-0,146	-0,225
C ₅	$-1,231 \cdot 10^{-2}$	$-6,838 \cdot 10^{-3}$
C ₆	$-1,642 \cdot 10^{-2}$	$-5,482 \cdot 10^{-2}$
C ₇	$2,212 \cdot 10^{-3}$	$1,229 \cdot 10^{-3}$
C ₈	$7,255 \cdot 10^{-4}$	$8,528 \cdot 10^{-4}$
C ₉	$-3,582 \cdot 10^{-6}$	$-1,990 \cdot 10^{-6}$

TABLEAU D INDICE DE CHALEUR:

la norme ISO 7730(2025):

La norme ISO 7730:2025 est une révision importante de la norme internationale pour l'ergonomie des ambiances thermiques, offrant une méthode analytique pour déterminer et interpréter le confort thermique via les indices PMV (Vote Moyen Prévisible) et PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits)



ISO 7730:2025(fr) Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local

la norme ASHRAE 62.1(2022) :

L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (plus connue sous le sigle ASHRAE) est une organisation internationale technique dans le domaine des génies thermiques et climatiques de 132 nations



What Are You Looking For?

[JOIN](#) [VOLUNTEER](#) [MAKE A GIFT](#)

[BOOKSTORE](#)

[LOG IN](#)

[ABOUT](#)

[TECHNICAL RESOURCES](#)

[PROFESSIONAL DEVELOPMENT](#)

[CONFERENCES](#)

[COMMUNITIES](#)

[MEMBERSHIP](#)

[Home](#) [Technical Resources](#) [Bookstore](#)



```

60 // =====
61 // TEMPERATISATION IS UNIQUEMENT AU RETOUR
62 // =====
63 #define TEMPO_RETOUR 5000UL
64
65 unsigned long tberrieranOff = 0;
66 unsigned long tberrierCharOff = 0;
67 unsigned long tberrierHumOff = 0;
68 unsigned long tberrierEntOff = 0;
69
70
71 // =====
72 // HYSTERESIS S&S2
73 // =====
74 #define CO2_ATT_ON 350
75 #define CO2_ATT_OFF 250
76 #define CO2_DMG_ON 400
77 #define CO2_DMG_OFF 520
78
79
80 #define CO_ATT_ON 50
81 #define CO_ATT_OFF 38
82 #define CO_DMG_ON 65
83 #define CO_DMG_OFF 55
84
85
86 // =====
87 // HYSTERESIS HUMIDITE
88 // =====
89 #define HUM_SEC_ON 30.0
90 #define HUM_SEC_OFF 34.0
91 #define HUM_HUM_ON 68.0
92 #define HUM_HUM_OFF 58.0
93
94
95 // =====
96 // HYSTERESIS TEMPERATURE (PRIORITE 3 - echageage v8)
97 // =====
98 #define T_FROID_ON 20.0
99 #define T_FROID_OFF 21.5
100 #define T_CHAUD_ON 27.0
101 #define T_CHAUD_OFF 25.5
102
103
104 // =====
105 // SEUILS TEMPERATURE POUR CAS HUMIDITE ELEVEE (P2)
106 // =====
107 #define T_HUM_FROID 24.0 // t < 24 = chauffage ON, fan 1%
108 #define T_HUM_CHAUD 27.0 // t > 27 = chauffage OFF, fan 85%
109 // 24<=t<27: chauffage 0%, fan 45%
110
111
112 // =====
113 // VITESSES VENTILATION
114 // =====
115 #define FAN_DANGER 70
116 #define FAN_ALARM 50
117 #define FAN_CHAUD 55
118 #define FAN_HUMIDUM 35
119 #define FAN_FROID 30
120 // Niveau5 = cas humidite elevee
121 #define FAN_HUM_FROID 15
122 #define FAN_HUM_TIEU 40
123 #define FAN_HUM_CHAUD 80
124
125
126 // =====
127 // ETATS MEMOIRE HYSTERESIS
128 // =====
129 bool etatAlerteCO = false;
130 bool etatBangerCO2 = false;
131 bool etatAlerteCO = false;
132 bool etatBangerCO2 = false;
133 bool etatHumSec = false;
134 bool etatHumHum = false;
135 bool etatFroid = false;
136 bool etatChaud = false;
137
138
139 // =====
140 // ACTIONNEURS AVEC TEMPERATISATION AU RETOUR SEULEMENT
141 // =====
142 void setActeur(pct) {
143   pct = constrain(pct, 0, 100);
144   if (pct == fanSpd) return;
145
146   if (pct > fanSpd) {
147     // Augmentation : immediat
148     fanSpd = pct;
149     tberrieranOff = millis();
150     // Redonner le pin au vinet au cas ou il avait ete coupe
151

```

```

164 if (pct > fanspd) {
165     // Augmentation : immediat
166     fanspd = pct;
167     thermierfanOff = millis();
168     // Redonner le pin au Trier1 au cas ou il avait ete coupe
169     Trier1.pin(PIN_FAN, map(fanspd, 0, 180, 0, 1823));
170 }
171 } else {
172     // Reduction : temporisation la (seul alerte gaz)
173     if (airGas || millis() - thermierfanOff >= TEMPO_RETOUR) {
174         fanspd = pct;
175         if (fanspd == 0) {
176             // Arrêt complet : détacher le Trier1 et forcer le pin à LOW
177             // pour éviter que le ventilateur tourne sur un signal résiduel
178             Trier1.disablePin(PIN_FAN);
179             pinMode(PIN_FAN, OUTPUT);
180             digitalWrite(PIN_FAN, LOW);
181         } else {
182             Trier1.pin(PIN_FAN, map(fanspd, 0, 180, 0, 1823));
183         }
184     }
185 }
186 }
187
188 void setChauffFag(bool on) {
189     if (chauffon == on) return;
190     if (on) {
191         chauffon = true;
192         digitalWrite(PIN_CHAUF, LOW);
193         thermierChauffOff = millis();
194     } else {
195         if (millis() - thermierChauffOff >= TEMPO_RETOUR) {
196             chauffon = false;
197             digitalWrite(PIN_CHAUF, HIGH);
198         }
199     }
200 }
201
202 void setHumidif(bool on) {
203     if (humifon == on) return;
204     if (on) {
205         humifon = true;
206         digitalWrite(PIN_HUMIDIF, HIGH);
207         thermierHumidifOff = millis();
208     } else {
209         if (millis() - thermierHumidifOff >= TEMPO_RETOUR) {
210             humifon = false;
211             digitalWrite(PIN_HUMIDIF, LOW);
212         }
213     }
214 }
215
216 // =====
217 // Fenetre : ouverture immediate, fermeture avec tempo
218 // APPELE UNIQUEMENT DEPUIS setFenetre
219
220 void setFenetreTempo(int niveau) {
221     if (etatFenetre == niveau) return;
222     if (niveau >= etatFenetre) {
223         thermierFenetreOff = millis();
224         setFenetre(niveau);
225     } else {
226         if (airGas || millis() - thermierFenetreOff >= TEMPO_RETOUR) {
227             setFenetre(niveau);
228         }
229     }
230 }
231
232 // =====
233 // FUSIBLE : à ON (échange v8)
234 // =====
235
236 bool gestionFus() {
237     // lecture MQ135 (co2)
238     int adcCO2 = analogRead(MQ135_PIN);
239     if (adcCO2 > 0) {
240         float v = adcCO2 * (5.0 / 1023.0);
241         float rco2 = ((5.0 - v) / v) * R1040_CO2;
242         co2 = constrain(116.6 * pow(rco2 / R2040_CO2, -2.76), 0, 5000);
243     }
244 }
245
246 // =====
247 // lecture MQ7 (CO)
248 int adcCO = analogRead(MQ7_PIN);
249 if (adcCO > 0) {

```

```

233 //----- thermostat (CO) -----
234 int adcCO = analogRead(NQ7_PIN);
235
236 if (adcCO < 0) {
237   float v2 = adcCO * (5.0 / 1023.0);
238   float rco = ((5.0 - v2) / v2) * R1000;
239   co = constrain(rco, 0.042, pow(rco / R2500_CO, -1.118), 0, 100);
240 }
241
242 //----- hysteresis danger -----
243 if (etatdangerCO2 && co2 > CO2_DMG_ON)   etatdangerCO2 = true;
244 if (etatdangerCO2 && co2 < CO2_DMG_OFF)  etatdangerCO2 = false;
245 if (etatdangerCO2 && co < CO_DMG_ON)    etatdangerCO2 = true;
246 if (etatdangerCO2 && co < CO_DMG_OFF)   etatdangerCO2 = false;
247
248 //----- hysteresis alerte -----
249 if (etatAlerteCO2 && co2 > CO2_ATT_ON)   etatAlerteCO2 = true;
250 if (etatAlerteCO2 && co2 < CO2_ATT_OFF)  etatAlerteCO2 = false;
251 if (etatAlerteCO2 && co > CO_ATT_ON)    etatAlerteCO2 = true;
252 if (etatAlerteCO2 && co < CO_ATT_OFF)   etatAlerteCO2 = false;
253
254 aldrz = etatAlerteCO2 || etatAlerteCO || etatdangerCO2 || etatdangerCO;
255
256 //----- DANGER : fenetre PLEIN OUVERT -----
257 if (etatdangerCO2 || etatdangerCO) {
258   setFenetreTemp(2);
259   thermierFenetreOff = millis();
260   fanSpd = FAN_DANGER - 1;
261   setFan(FAN_DANGER);
262   thermierFenetreOff = millis();
263   chauffON = !chauffON; chauffOFF = !chauffON;
264   setChauffage(false);
265   humidON = !humidON; humidOFF = !humidON;
266   setHumid(false);
267   return true;
268 }
269
270 //----- ALERTE : fenetre MI-OUVERTE -----
271 if (etatAlerteCO2 || etatAlerteCO) {
272   setFenetreTemp(1);
273   thermierFenetreOff = millis();
274   fanSpd = FAN_ALERTE - 1;
275   setFan(FAN_ALERTE);
276   thermierFenetreOff = millis();
277   setChauffage(false);
278   setHumid(false);
279   return true;
280 }
281
282 //----- NORMAL : fenetre FERME -----
283 setFenetreTemp(0);
284   return false;
285 }
286
287 //----- PRIORITE 2 = HUMIDITE -----
288
289 // CAS SEC (H < 60%) : inchange vB
290 // CAS HUMIDE (H > 60%) : 3 sous-cas selon T
291 //   T < 24°C : - Chauffage ON, Fan 10%
292 //   24°C <= T <= 27°C : - Chauffage OFF, Fan 50%
293 //   T > 27°C : - Chauffage OFF, Fan 10%
294
295 //-----
296 bool getHumidite() {
297   // hysteresis humidite (inchange)
298   if (etatHumide && H < HUM_SEC_ON) etatHumid = true;
299   if (etatHumide && H < HUM_SEC_OFF) etatHumid = false;
300   if (etatHumide && H < HUM_HUM_ON) etatHumid = true;
301   if (etatHumide && H < HUM_HUM_OFF) etatHumid = false;
302
303   // ---- CAS SEC : air trop sec ----
304   if (etatHumid) {
305     setFan(true);
306     if (etatFroid) {
307       setChauffage(true); setFan(FAN_FROID);
308     } else if (etatChaud) {
309       setChauffage(false); setFan(FAN_CHAUD);
310     } else {
311       setChauffage(false); setFan(0);
312     }
313   }
314   return true;
315 }
316
317 }

```

Introduction | **Problématique** | **Traitement de Problématique** | **Réalisation** | **Conclusion**

Liste des refernces

- [1] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40558113/>
- [2] https://www.leconomiste.com/flash-infos/cliniques-privées-une-etude-scrute-l-experience-patient/?utm_source=chatgpt.com
- [3] https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/06/19/new-program-in-morocco-supports-improved-access-to-quality-healthcare-for-all?utm_source=chatgpt.com
- [4] <https://en.hespress.com/70710-debunking-moroccos-earthquake-misinformation-sorting-fact-from-fake-news.html>
- [5] <https://www.moroccoworldnews.com/2014/12/122003/facebook-page-exposes-the-poor-conditions-of-moroccos-public-hospitals/>
- [6] <https://www.nature.com/articles/s41467-025-57868-6/figures/5>
- [7] https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mq135&gad_source=1&gad_campaignid=1434060638&gclid=Cj0KCQiAgvPKBhCxAARIsAOLK_Ern4-GSumvXSDZ8rleNrLj4JqXhriCvzdZlLhVzO6M6quBN8TcjxMwaAnKIEALw_wcB
- [8] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7730:ed-4:v1:fr>
- [9] <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>



MERCI

AVEZ VOUS DES QUESTIONS ?

SYSTEME :HEALTH-GUARD

CLASSES PREPARATOIRES ,OUJDA

REALISER PAR :
KHANA YASSINE

