

CNC 2024

Concours National Commun

TRAVAUX D'INITIATIVE
PERSONNELLE ENCADRÉS

T.I.P.E. 2024



JEUX/SPORTS

Sujet :

*Climatisation intelligente d'une salle de sport:
gestion de la température et de l'humidité*

préparé par :

EL-AMCHI OMAR

encadré par :

Pr RAHOU YOUSSEF
Pr OUAANABI ABDERRAHMAN

- **Introduction**
- **Problématique et objectifs**
- **Approche fonctionnelle et exigences du système**
- **Analyse des solutions**
- **Réalisation de l'algorithme de fonctionnement et d'une application**
- **conclusion**

Introduction

Climatisation?

La climatisation est une technique qui vise à modifier et contrôler les grandeurs climatiques ambiantes, le mot « intelligente » veut dire que ce procédé va se faire automatiquement.



Quelques techniques de climatisation

Chauffage



Refroidissement



Ventilation



Introduction

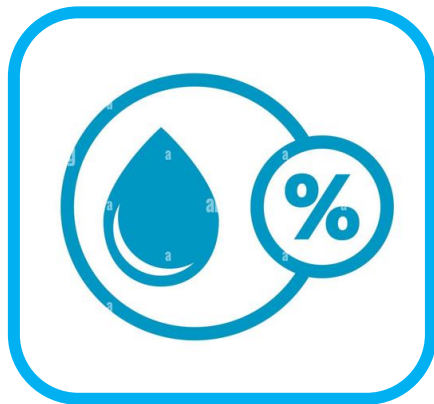
Qualité d'air?

Selon la majorité des organisations mondiales de santé, la qualité de l'air est définie par la concentration des polluants dans l'atmosphère. C'est une grandeur qui peut être affectée par plusieurs facteurs climatiques.

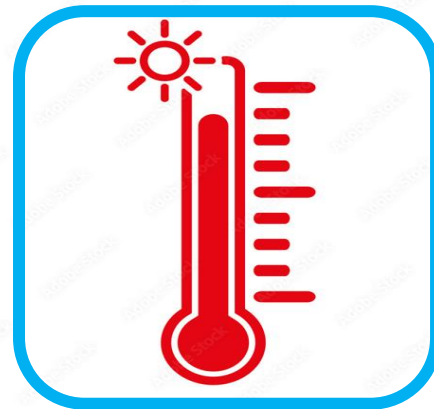


Quelques facteurs qui affectent la qualité d'air

Humidité



Température



Poussière



Odeurs



Introduction

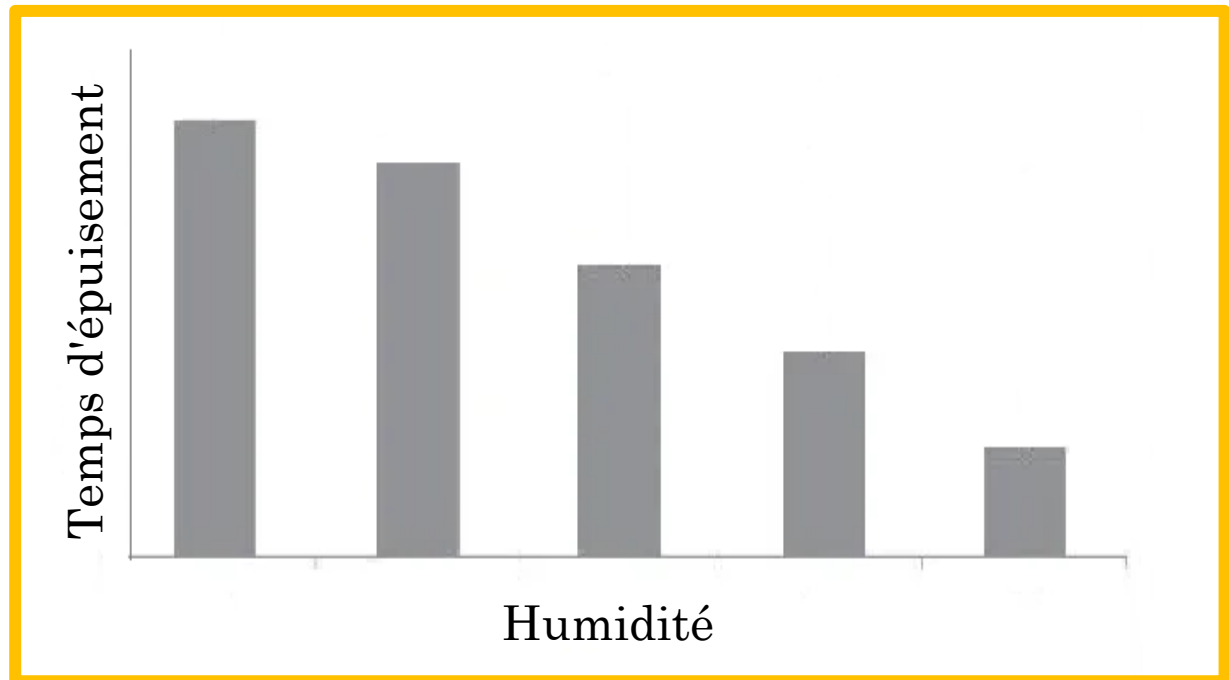
Expérience: effet d'humidité

Des chercheurs ont demandé aux sportifs de courir à 5 reprises une épreuve de vitesse jusqu'à épuisement. La température était toujours maintenue à 31 degrés, mais le taux d'humidité variait de 23 %, 43 %, 52 %, 61 % et 71 % pour la dernière portion de la course.



Résultat

L'augmentation de l'humidité relative entraîne la diminution du temps d'épuisement du sportif.



Problématique et objectifs

Problématique



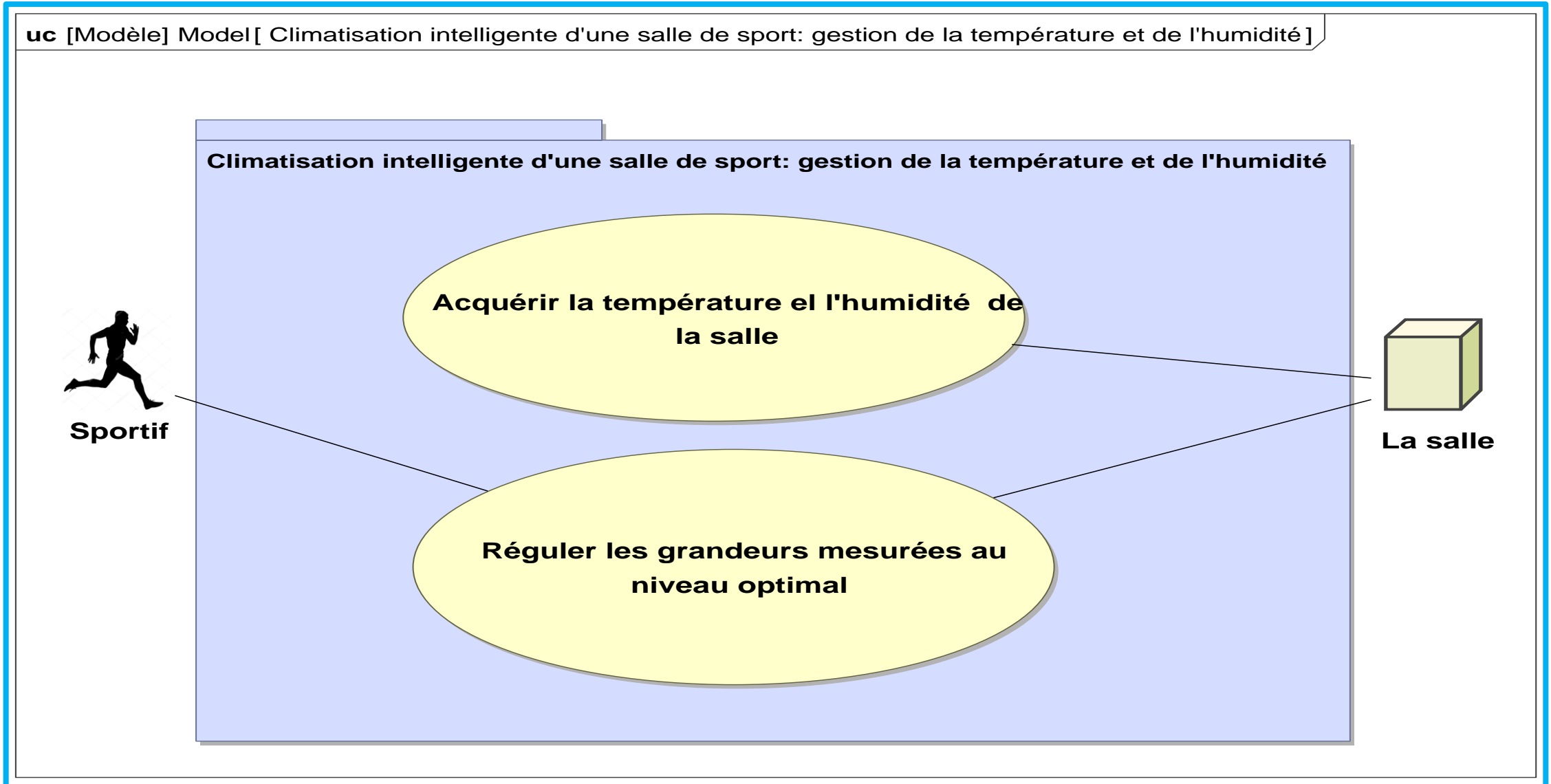
Comment peut-on maintenir les facteurs influençant la qualité d'air ambiante au niveau optimal quelles que soient les perturbations?

Objectifs

1. Évaluer la qualité d'air de la salle.
2. Améliorer la qualité d'air de la salle :
 - 2.1. Mettre en œuvre une adaptation naturelle automatique.
 - 2.2. Mettre en œuvre une adaptation forcée automatique.

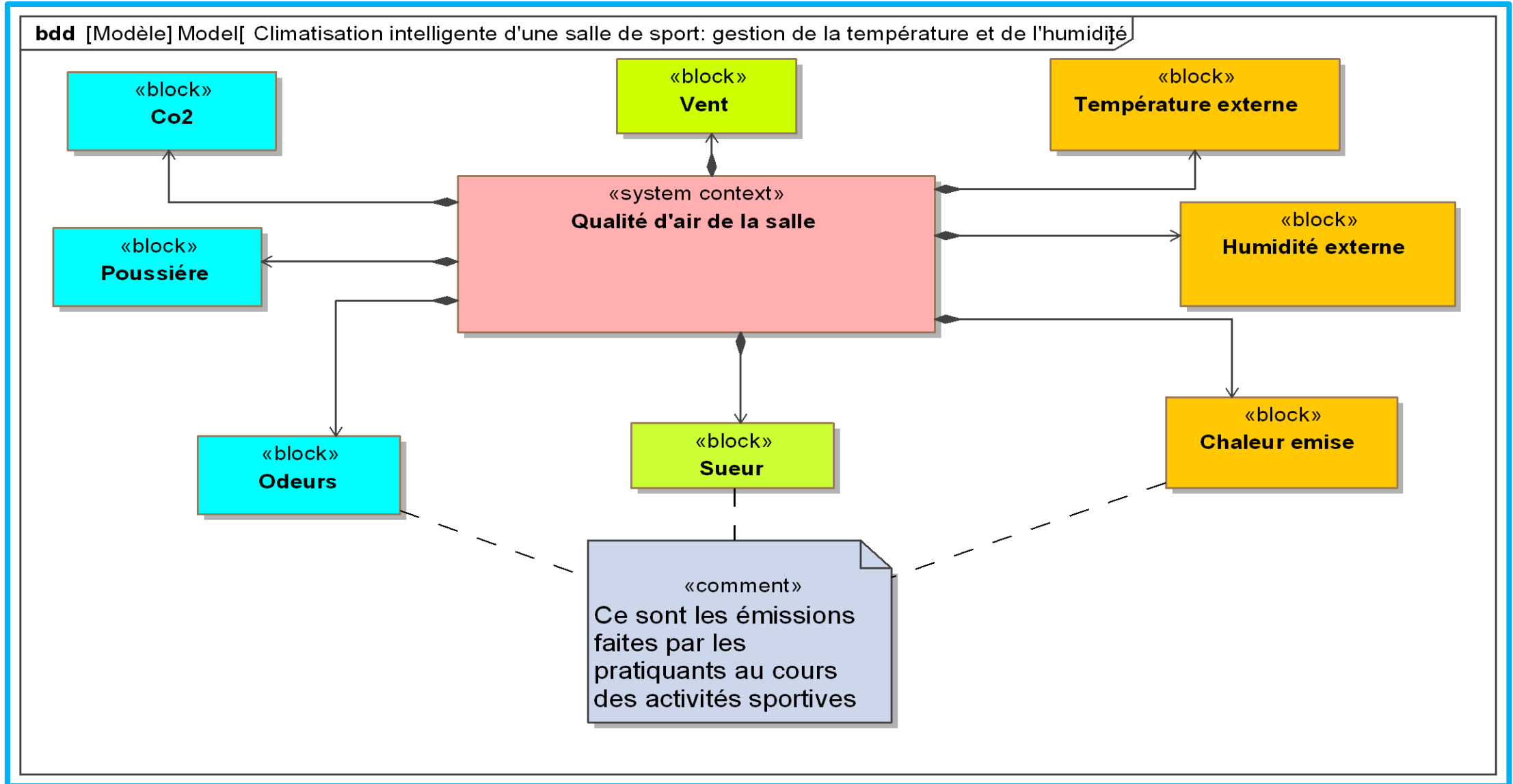
Approche fonctionnelle

Diagramme UC



Approche fonctionnelle

Diagramme de contexte



Exigences du système: évaluer la qualité d'air

Indice de chaleur

C'est un indice réalisé dans les États-Unis, qui détermine la perception de la température que ressent le corps humain.

Calcul d'indice de chaleur

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


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	$-3,582 \cdot 10^{-6}$	$-1,990 \cdot 10^{-6}$

Exigences du système: évaluer la qualité d'air

 Tableau d'indice de chaleur

		26	28	32	36	40	44	49	54	60	66												
100		26	28	32	36	40	44	49	54	60	66												
95		26	28	31	35	38	42	47	51	57	62												
90		26	28	31	34	37	41	45	49	54	58	64											
85		26	28	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65										
80		26	28	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61	66									
75		26	27	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62									
70		26	27	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63								
65		26	27	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63							
60		26	27	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63						
55		26	27	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62	66				
50		26	27	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62	65			
45		26	26	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64		
40		26	26	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57	60	63	
35	H	26	26	27	27	28	29	30	31	33	34	36	38	39	41	43	46	48	50	53	55	58	
30	U	25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47	49	52	54	
25	M	25	26	26	27	28	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	41	43	45	46	48	50	
20	I	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	39	41	42	44	46	47	
15	D	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44	
10	I	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
5	T	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	36	37	38	39	39	40	
0	E	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	38	39	
%		T	E	M	P	E	R	A	T	U	R	E											
	°C	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	

Indices de chaleur (°C)

Indices à l'ombre, ajouter
8°C en plein soleil.

Indice inférieur à 27°C:

Normal.

Indice compris entre 27°C et 31°C:

Fatigue.

Indice compris entre 32°C et 40°C:

Coup de soleil, crampes musculaires
et épuisement physique.

Indice compris entre 41°C et 53°C:

Epuisement, coup de chaleur
possible.

Indice supérieur à 53°C:

Risque élevé de coup de chaleur et
de coup de soleil.

Exigences du système: besoin en débit d'air

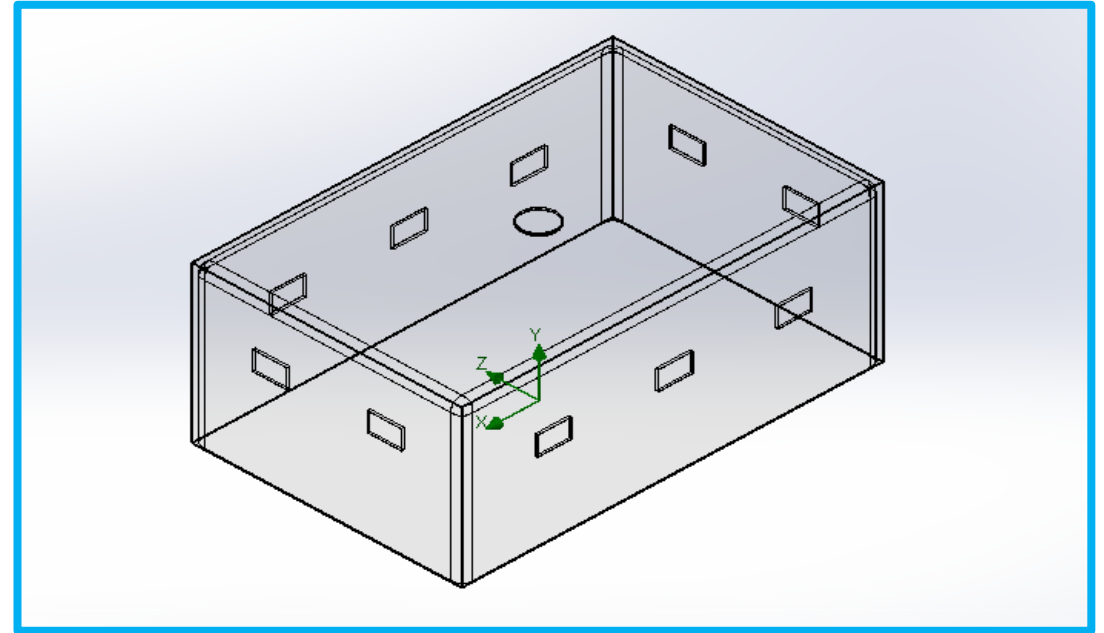
Modèle de la salle

Caractéristiques:

- **Surface:** 600 m² (30m x 20 m)
- **Hauteur:** 10 m

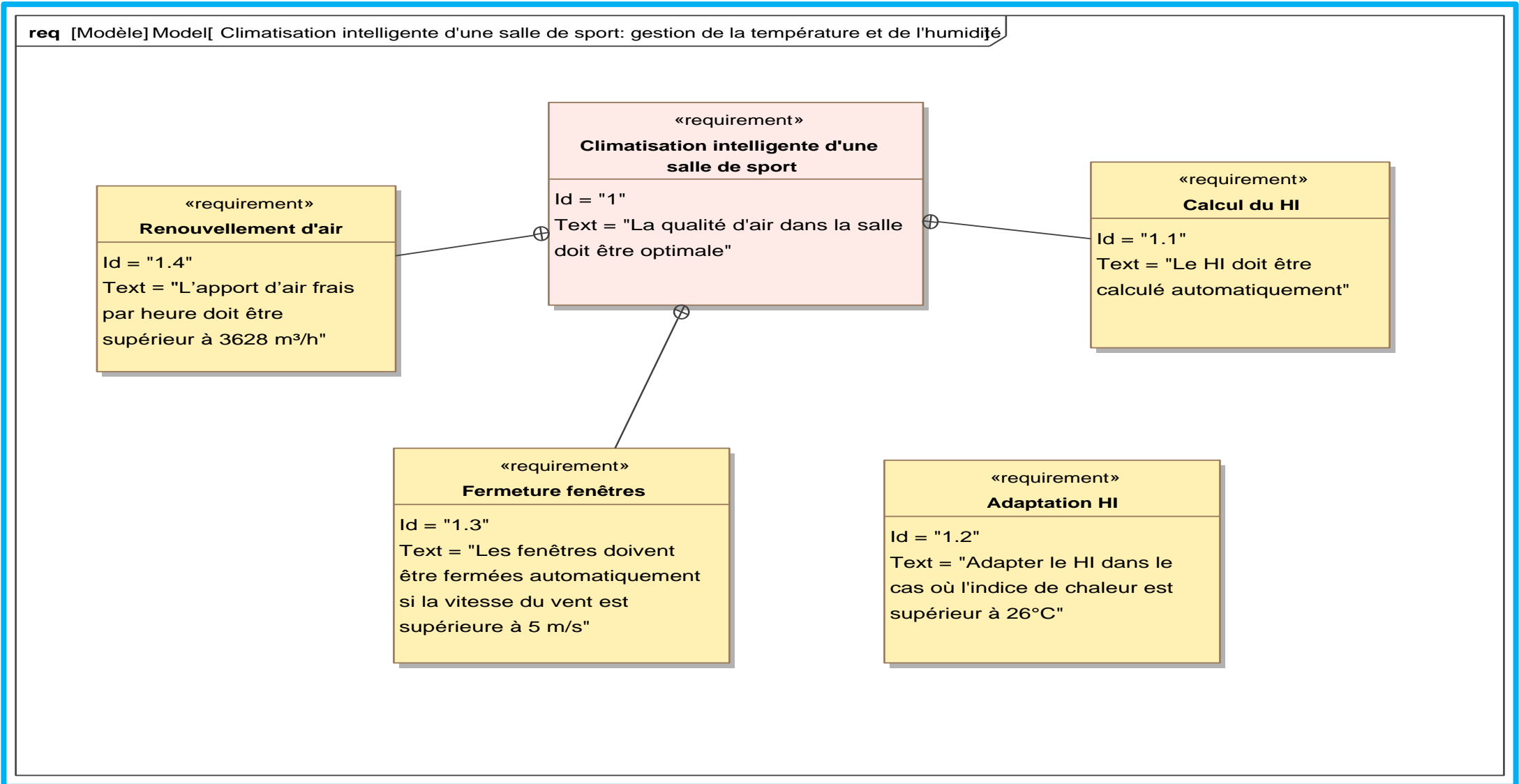
Besoin en débit selon la norme NM 10.5.022 (EN 13779)

- Généralement 1/3 de la surface de la salle est occupé par des endroits qui ne servent pas à la pratique, donc il reste **400 m²** pour les pratiquants.
- L'espace moyen occupé par chaque pratiquant est **6 m²**, donc la population maximale pour cette salle vaut **67 personnes** .
- Besoin en débit pour chaque personne pour une très bonne qualité d'air: **≥ 54 m³/h par personne.**
- Besoin en débit pour la salle entière: **≥ 3618 m³/h**



Exigences du système: synthèse

Diagramme d'exigences



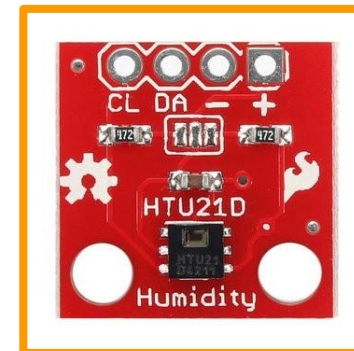
Analyse des solutions: choix du capteur

Comparaison: HTU21D ou DHT22

Caractéristiques	<u>HTU21D</u>	<u>DHT22</u>
• Plage de Température	-40°C à 105°C	-40 à +80 °C
• Plage Humidité	0-100%	0 à 100 %
• Précision température	± 0.3°C	± 0,5 °C
• Précision humidité	± 2 % RH	± 2 % RH

Conclusion

On a choisit le capteur HTU21D pour sa précision.

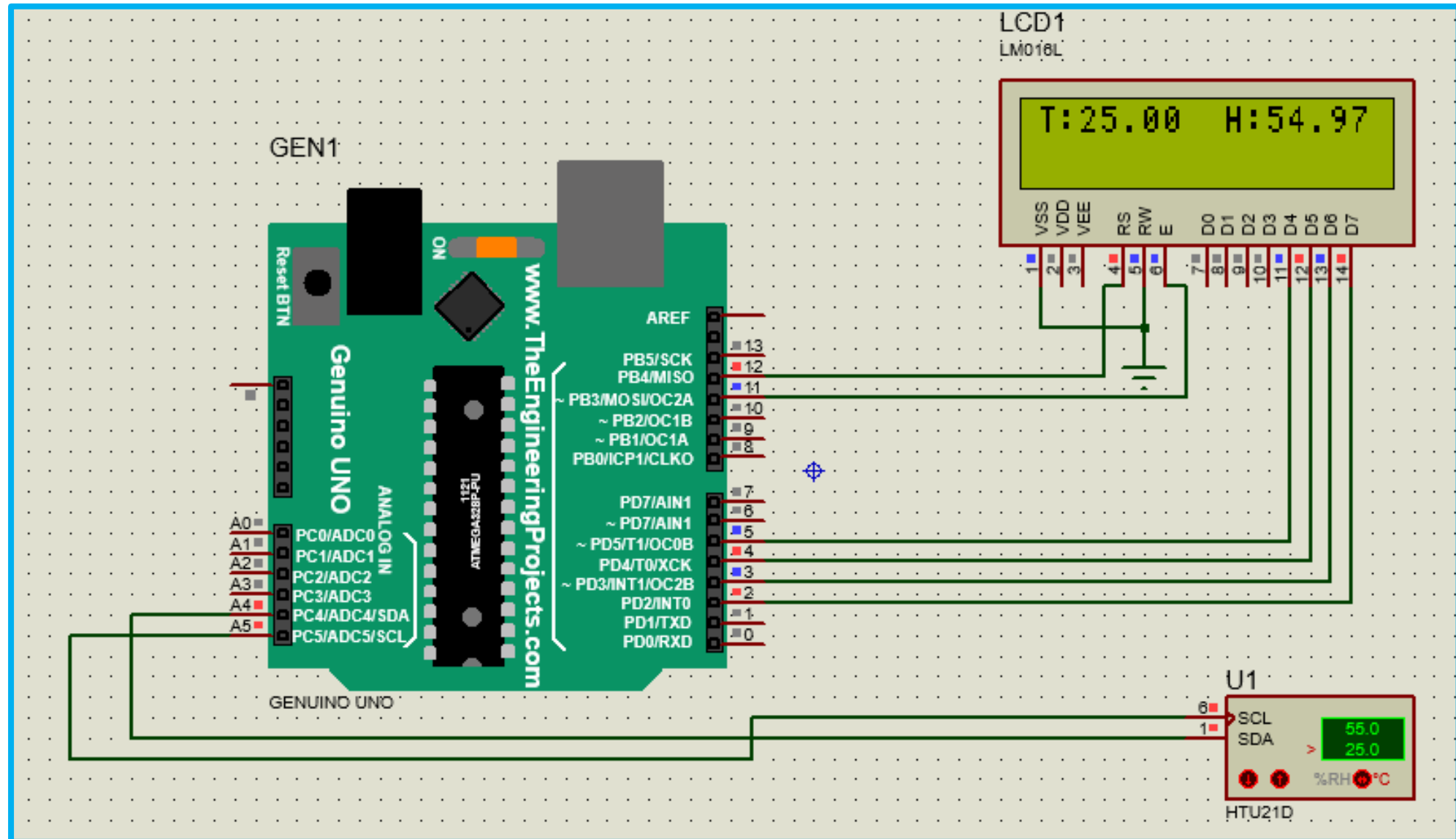


Analyse des solutions: test du capteur

Avec:

T : Température

H : Humidité



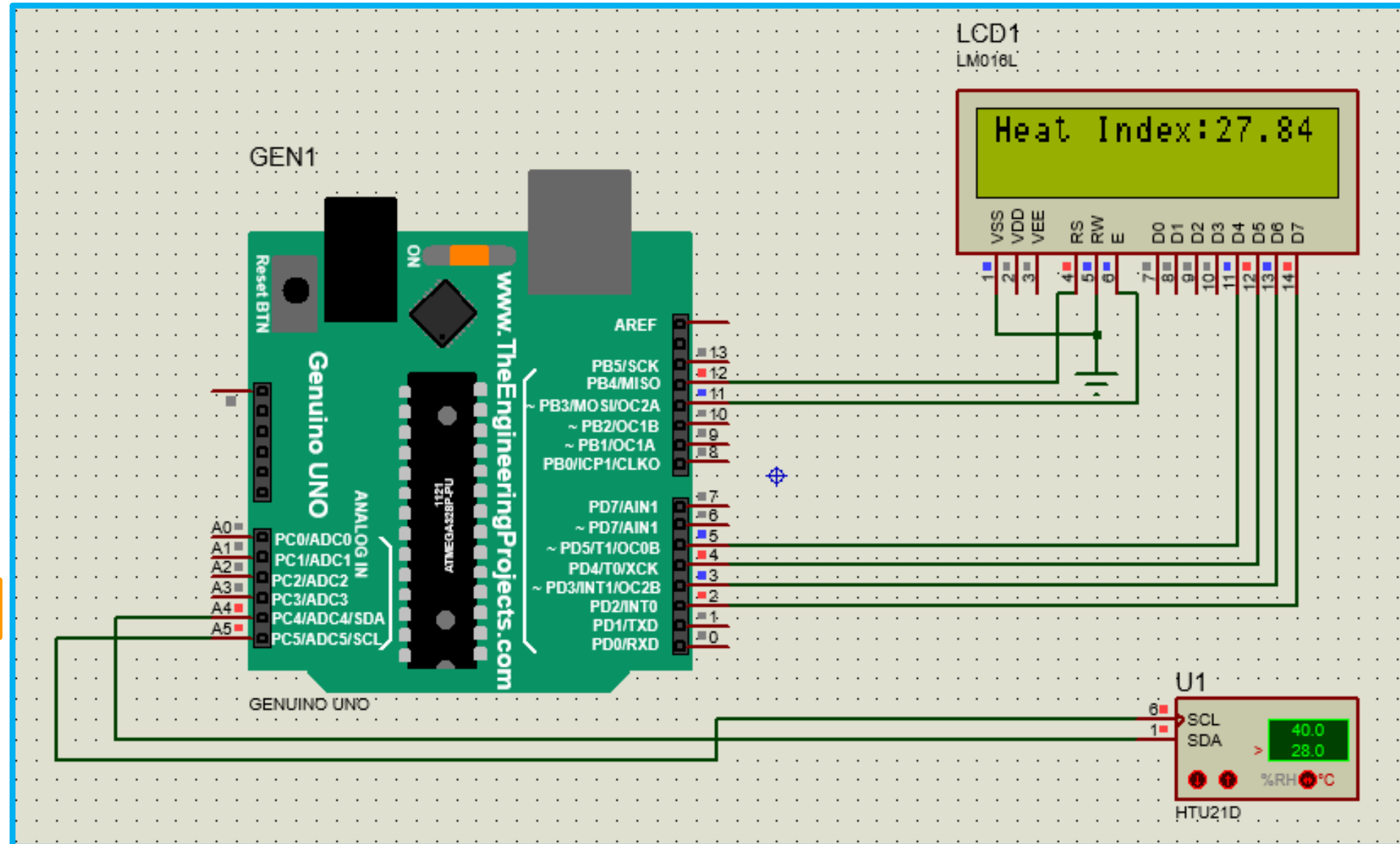
Analyse des solutions: calcul d'indice de chaleur

Conditions environnementales:

-Température: 28 °C

-Humidité: 40 %

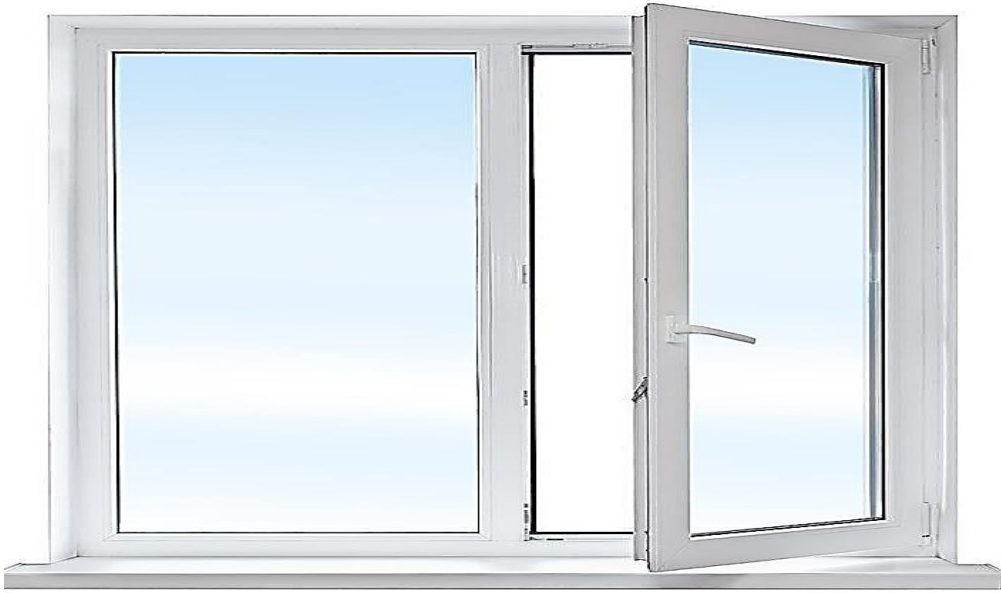
Valeur calculée: 27,84°C



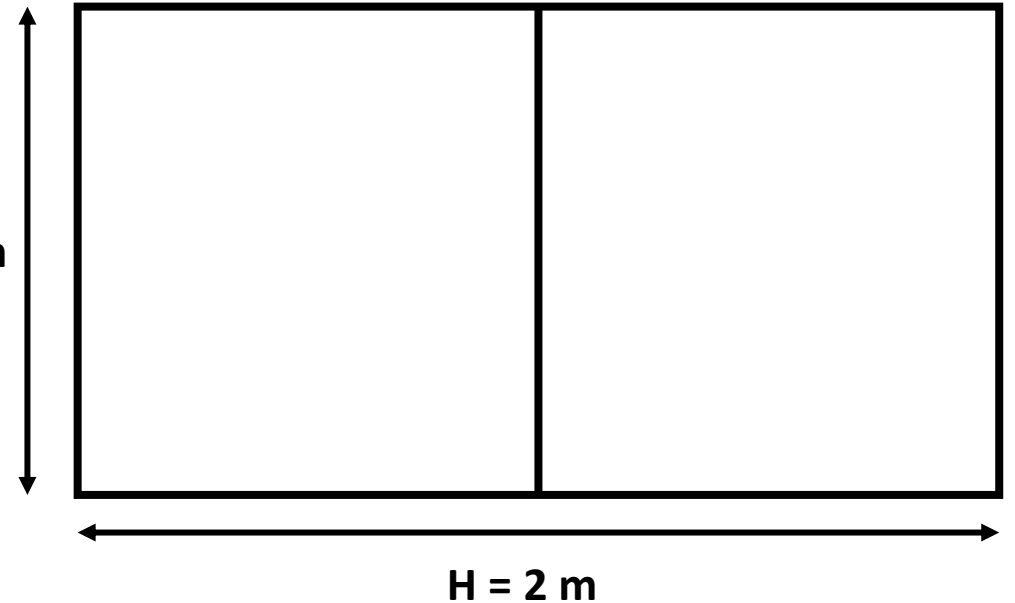
Adaptation naturelle: motorisation des fenêtres

Hypothèse d'étude

On va assimiler la fenêtre à une plaque de verre homogène.



→ $h = 1,2 \text{ m}$



Données pour l'étude

Dimensions: 2m x 1.2m

Masse surfacique standard d'une fenêtre: 20 kg / m² donc la masse vaut: $m = 48 \text{ kg}$

Motorisation des fenêtres: étude dynamique

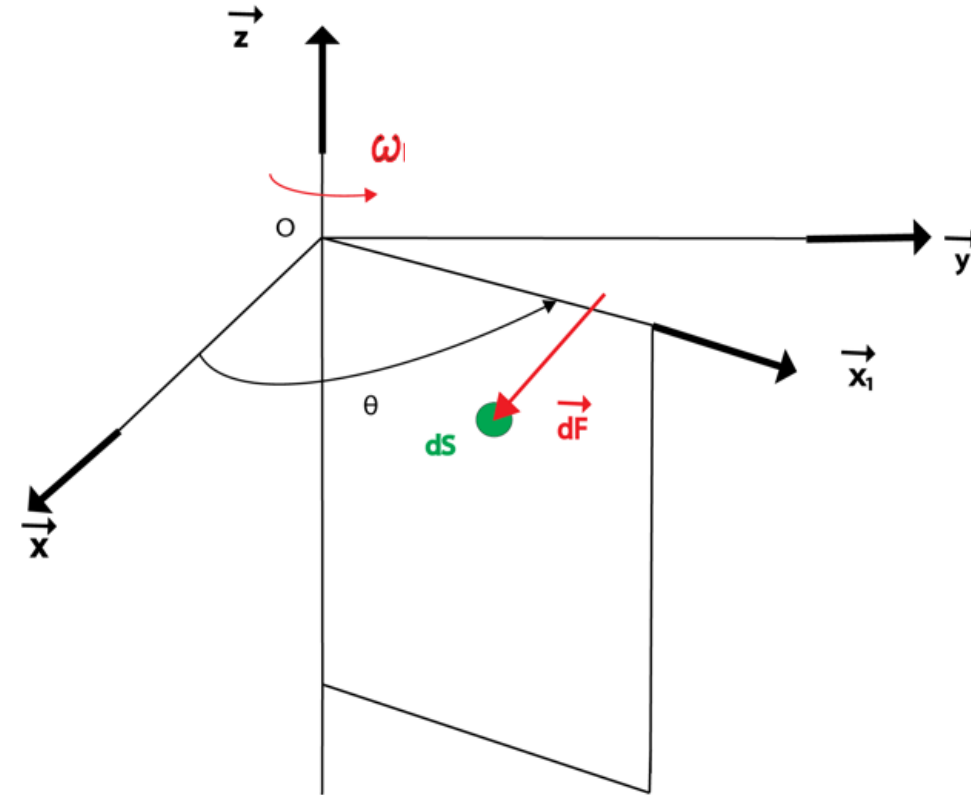
Modélisation de l'action du vent

- Force surfacique élémentaire du vent:
 $dF = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot dS$ de direction (ox)
Avec:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$: masse volumique de air
 V : Vitesse de l'air
 C_x : Coefficient de penetration dans l'air. Pour une plaque $C_x = 1.1$
- Moment élémentaire par rapport à l'axe de rotation:
 $dM_z = -x_1 \cdot dF \cdot \sin(\theta) = -x_1 \cdot 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin\theta \cdot dx_1 \cdot dz$
Par integration, on trouve:

$$\mathcal{M}_z = -\frac{C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin\theta \cdot h \cdot H^2}{8}$$

Application du théorème du moment dynamique

$$J_z \cdot \frac{d\omega}{dt} = C + \mathcal{M}_z = C - \frac{C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin\theta \cdot h \cdot H^2}{8}$$



Avec:

$$J_z = mH^2/96$$

C: couple réducteur

Motorisation des fenêtres: étude dynamique

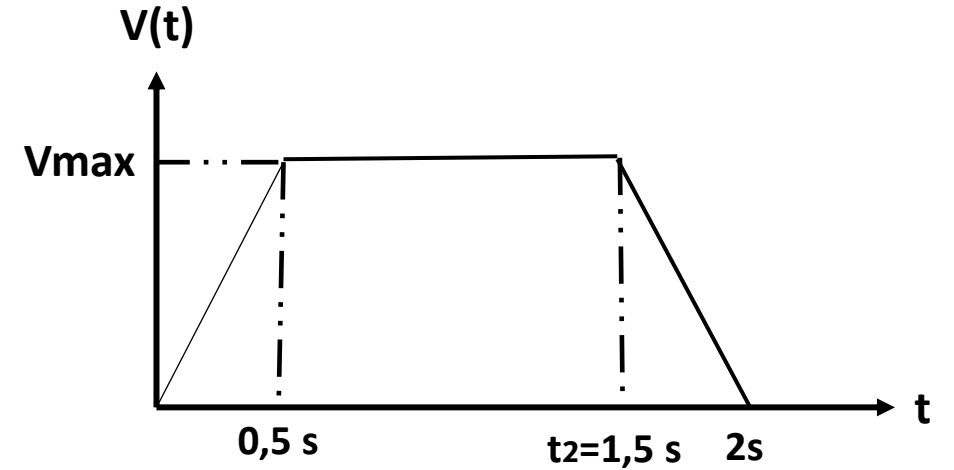
Commande trapèze

Distance parcourue par l'extrémité des rails:

$$d = V_{\max} \cdot t_2 = (H/2) \cdot (\pi/2)$$

$$\rightarrow V_{\max} = 1 \text{ m/s}$$

d'où la vitesse angulaire maximale: $\omega_{\max} = 1 \text{ rad/s}$



Choix du moteur

- Condition de fermeture: $V \geq 5 \text{ m/s}$
- Vitesse angulaire du moteur la plus disponible au marché: 3000 tr/min
- Avec un hacheur de rapport cyclique 1/10, on obtient: $\omega_m = 300 \text{ tr/min}$
- Le calcul du couple réducteur dans le pire des cas donne: $C_{\max} = 15,8 \text{ Nm}$

Le couple moteur vaut donc: $C_m = 0,5 \text{ Nm}$

- Choix : on a choisi le moteur à courant continu

Parvalux PM90-150



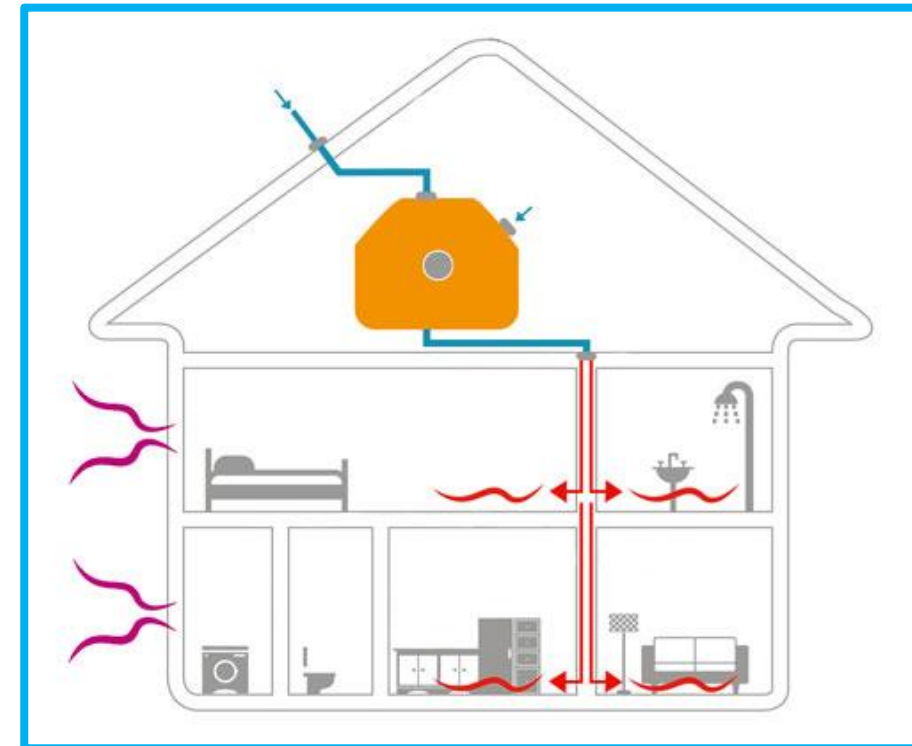
Adaptation forcée: ventilation positive

Pourquoi la ventilation?

- Le renouvellement d'air dans la salle est essentiel pour améliorer la qualité d'air ambiante.
- Pour créer un environnement confortable pour les pratiquants.

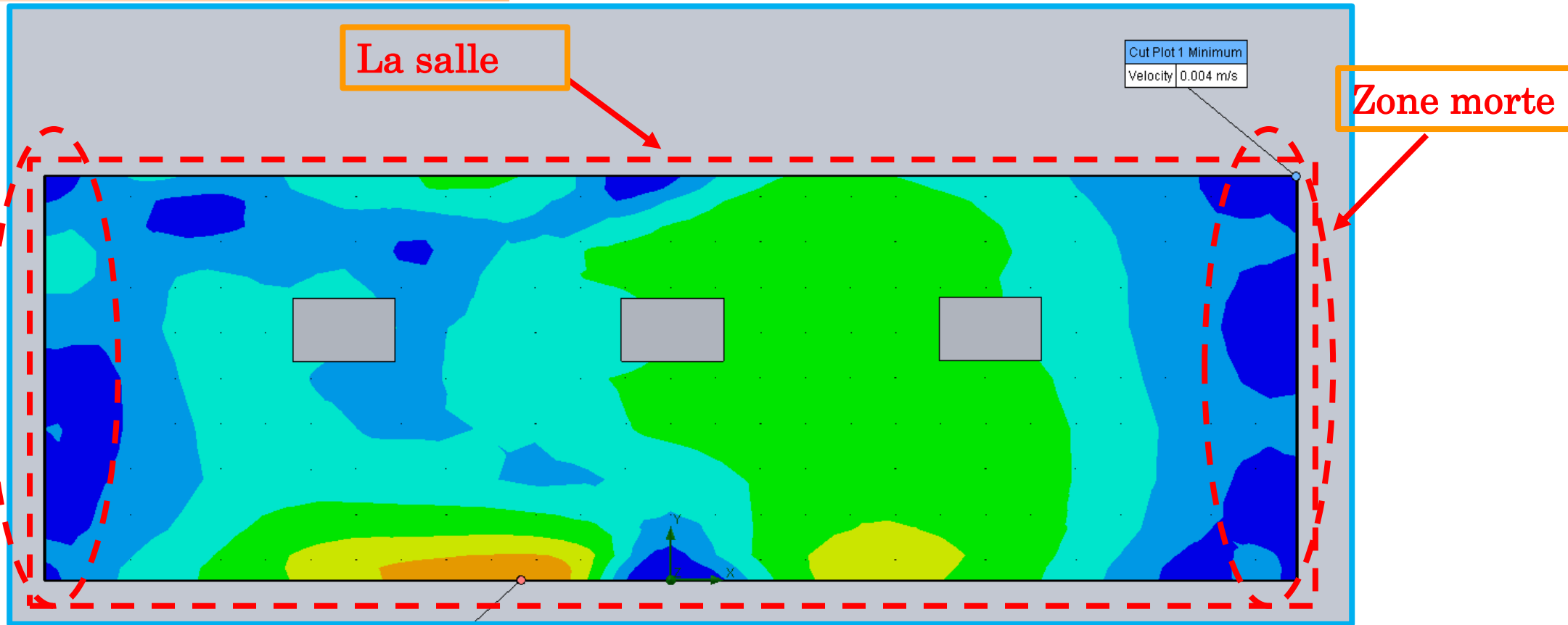
Ventilation positive et ses avantages

- Ce type de ventilation consiste à capter un débit d'air extérieur constant et adapté au volume du logement pour le transmettre à l'intérieur.
- Ce type de ventilation permet de:
 - **lutter contre l'humidité et la condensation.**
 - **purifier l'air.**
 - **éliminer la pollution intérieure.**
 - **réaliser des économies d'énergie.**



Analyse des solutions: ventilation simple

 Test



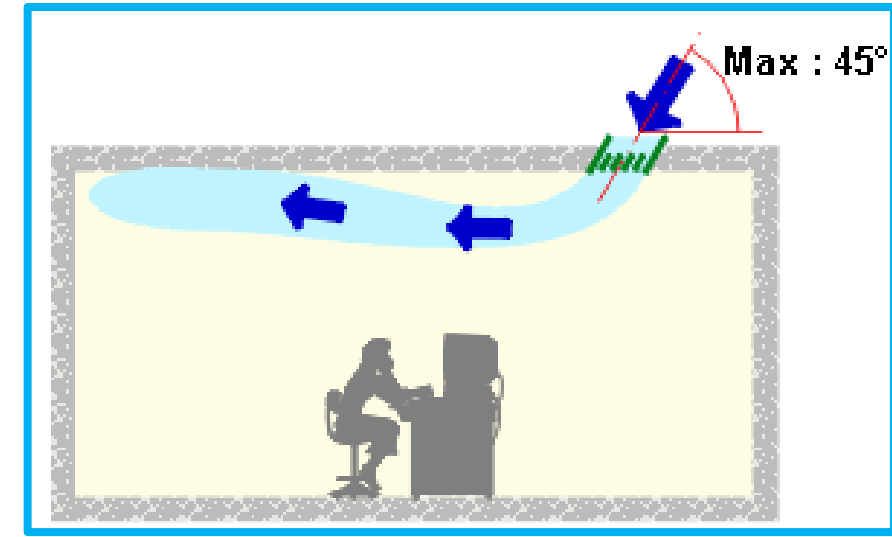
 Conclusion

Ce type de ventilation fait apparaitre des zone de très faible vitesse dans la salle dites zones mortes.

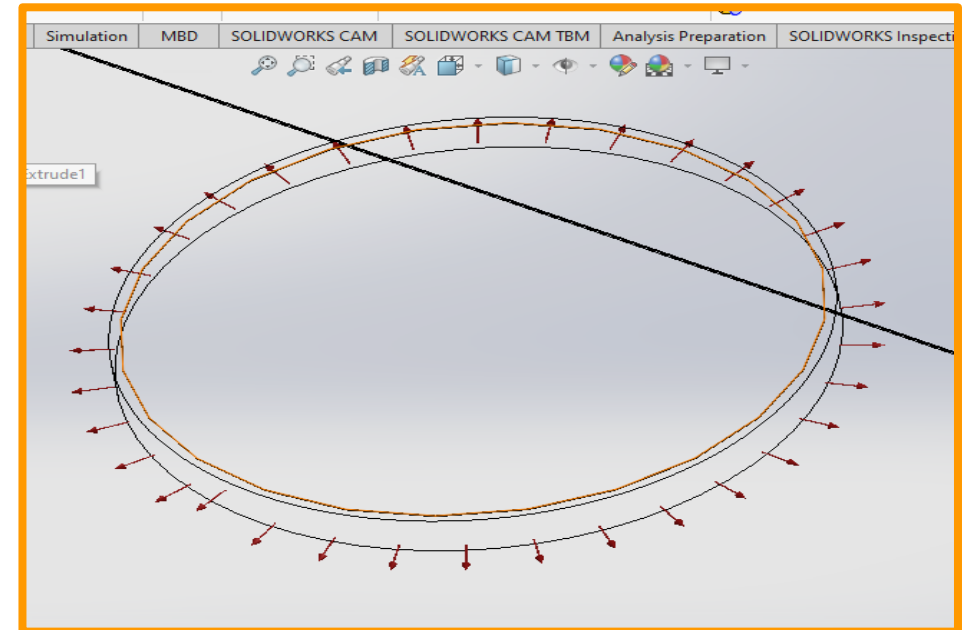
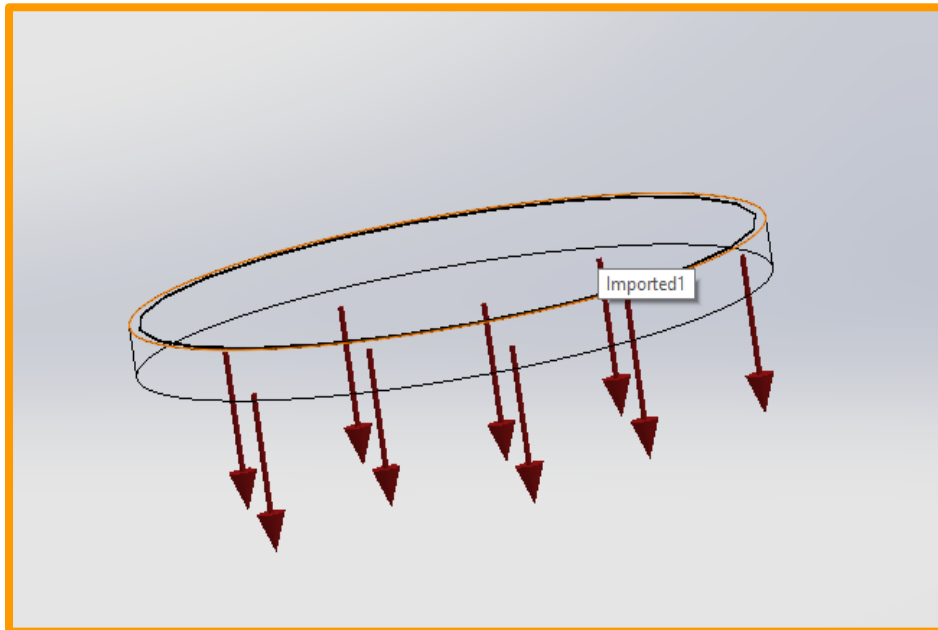
Analyse des solutions: effet COANDA

Définition

C'est une technique qui consiste à diffuser l'air parallèlement au plafond de l'endroit à ventiler. Elle évite la diffusion de l'air directement vers les pratiquants dans la salle.

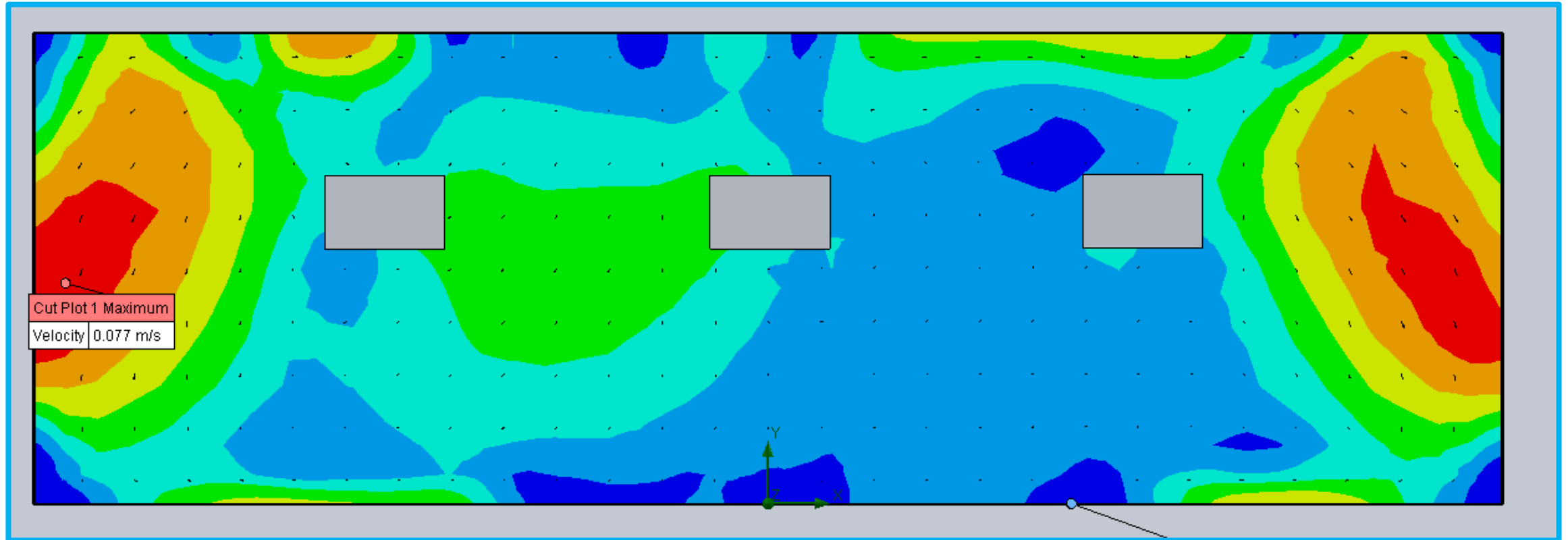


Modélisation de la solution dans SolidWorks



Analyse des solutions: effet COANDA

Test



Conclusion

- ✓ La solution permet d'atteindre un maximum de zones dans la salle

Analyse des solutions: choix du ventilateur

Drimaster eco heat HC

Description: ce ventilateur fonctionne en introduisant doucement de l'air frais et filtré dans la maison à un rythme continu, ce qui favorise le mouvement de l'air de l'intérieur vers l'extérieur.

Caractéristiques:

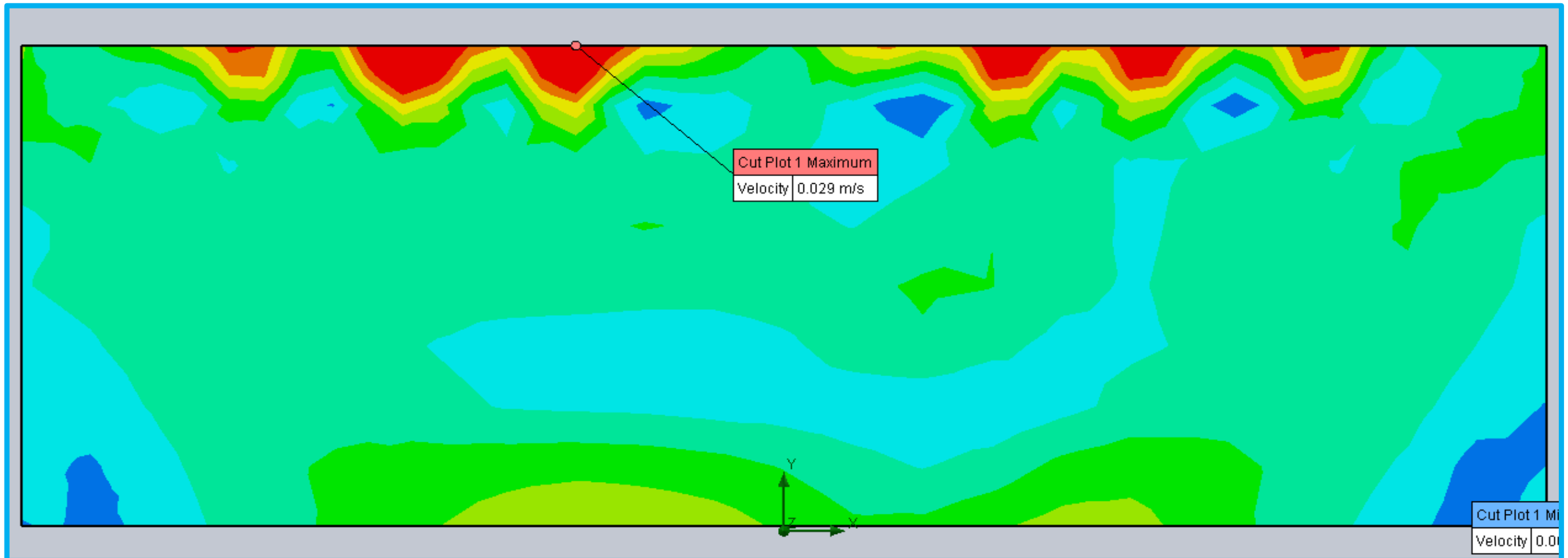
- Débit volumique d'air: 216 m³/h
- Filtre intégré
- Type de ventilation: centrifuge
- Programmable en température et en humidité



Analyse des solutions: combinaison des solutions

Solution finale

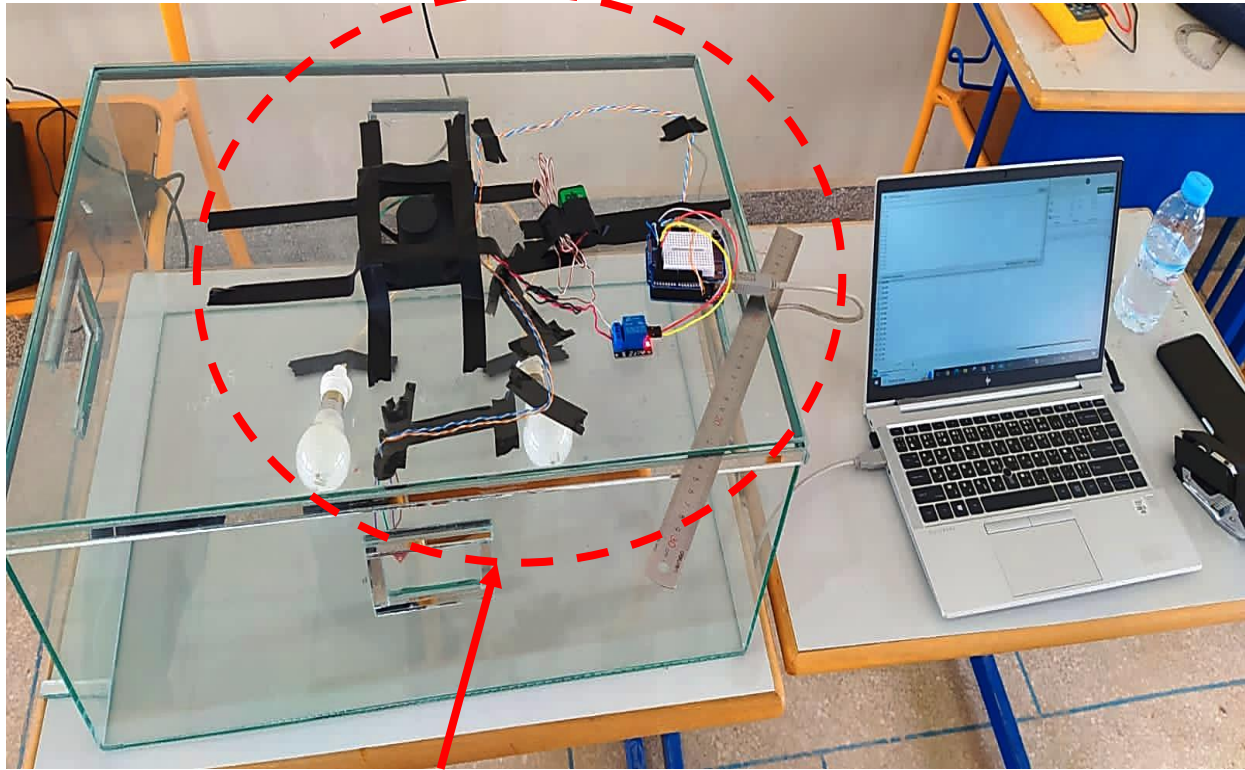
Comme solution finale, la salle est équipée par 17 ventilateurs **Drimaster** pour satisfaire le besoin en débit d'air, chacun d'eux assure une ventilation en adoptant l'effet **COANDA**.



Réalisation de l'algorithme de fonctionnement

Expérience

Objectif : définir les priorités à tenir en compte pour améliorer la qualité d'air



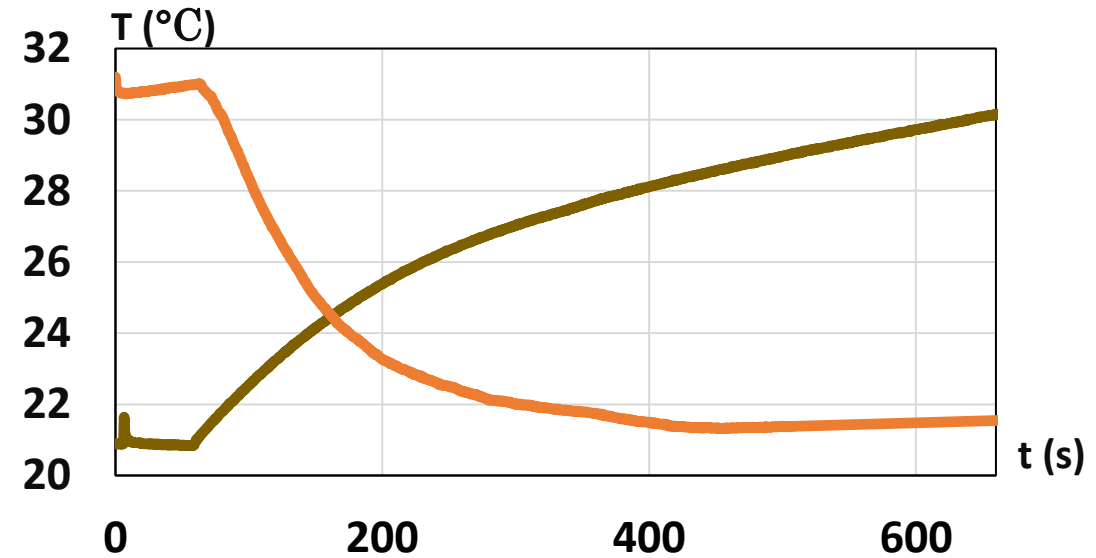
Ventilateur + Lampes + relai + arduino uno + capteur HTU21D



Réalisation de l'algorithme de fonctionnement

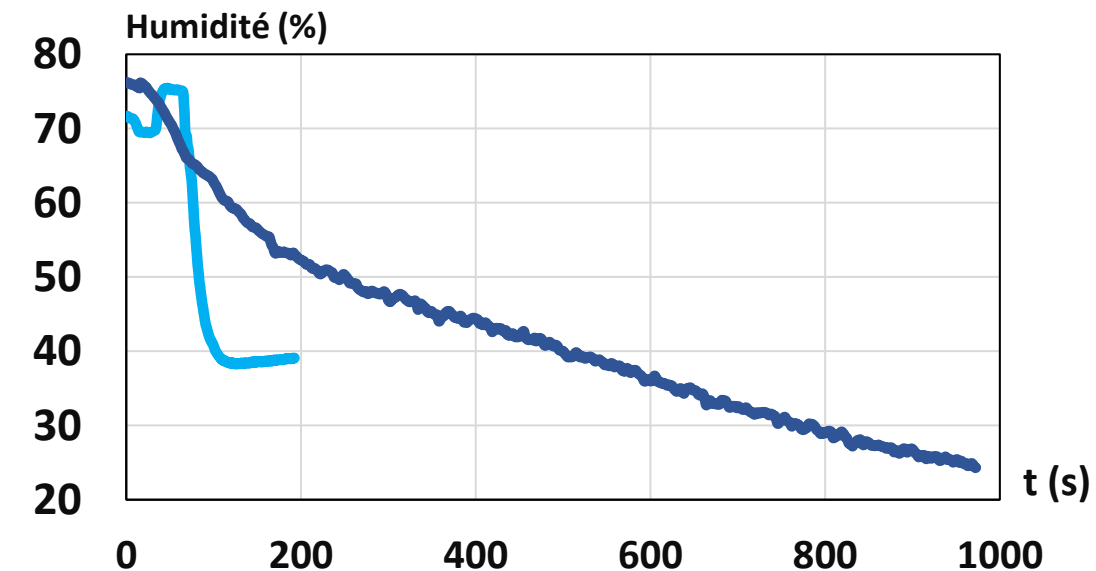
Évolution de la température: ventilation et chauffage

- Le temps de réponse dans les deux cas est le même.

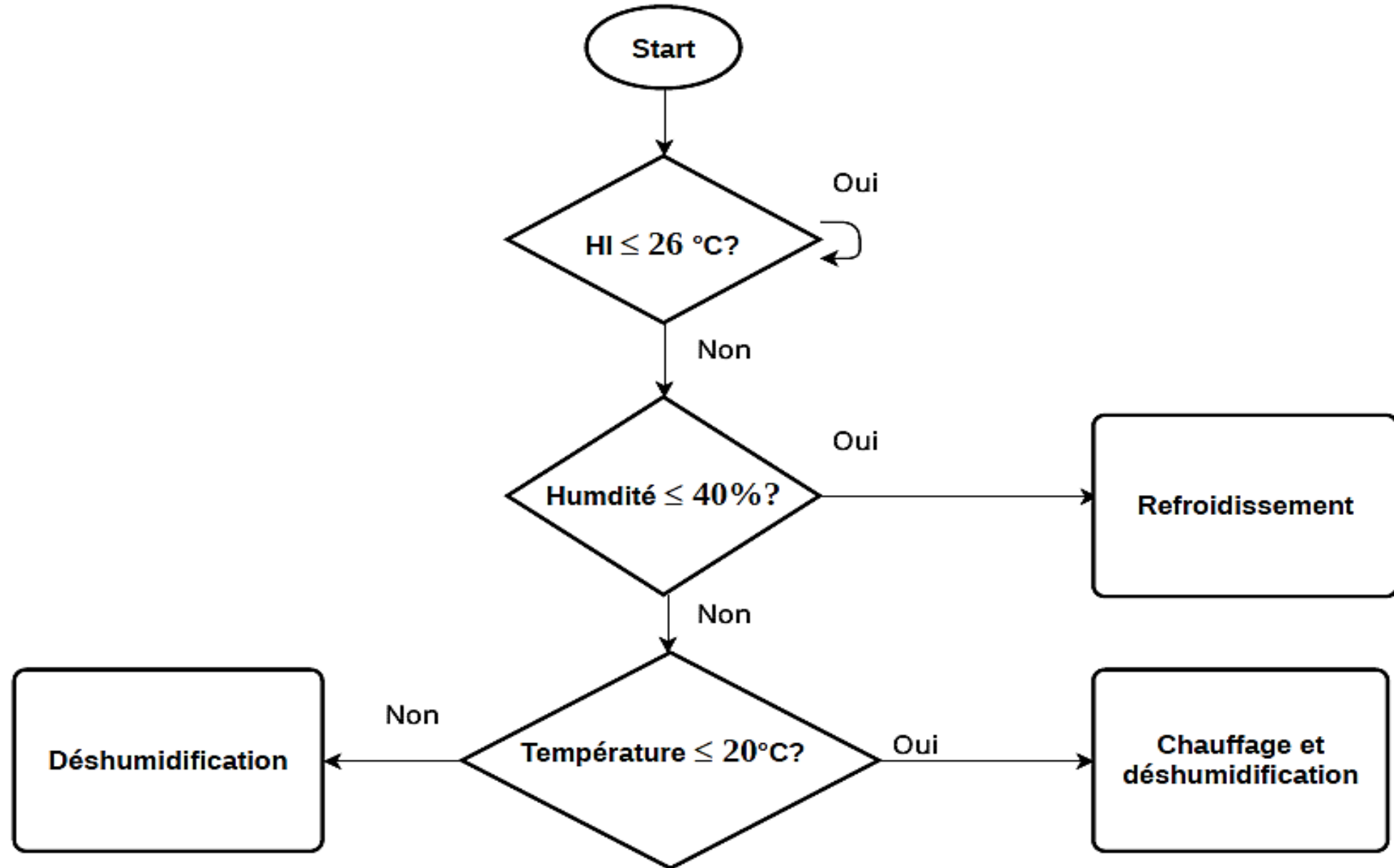


Évolution de l'humidité: ventilation et chauffage

- Dans les deux cas, il y a une déshumidification de la salle.
- La déshumidification par ventilation est très rapide par rapport à la déshumidification par chauffage.
- Le chauffage permet d'atteindre des niveaux d'humidité plus petits qu'au milieu extérieur.



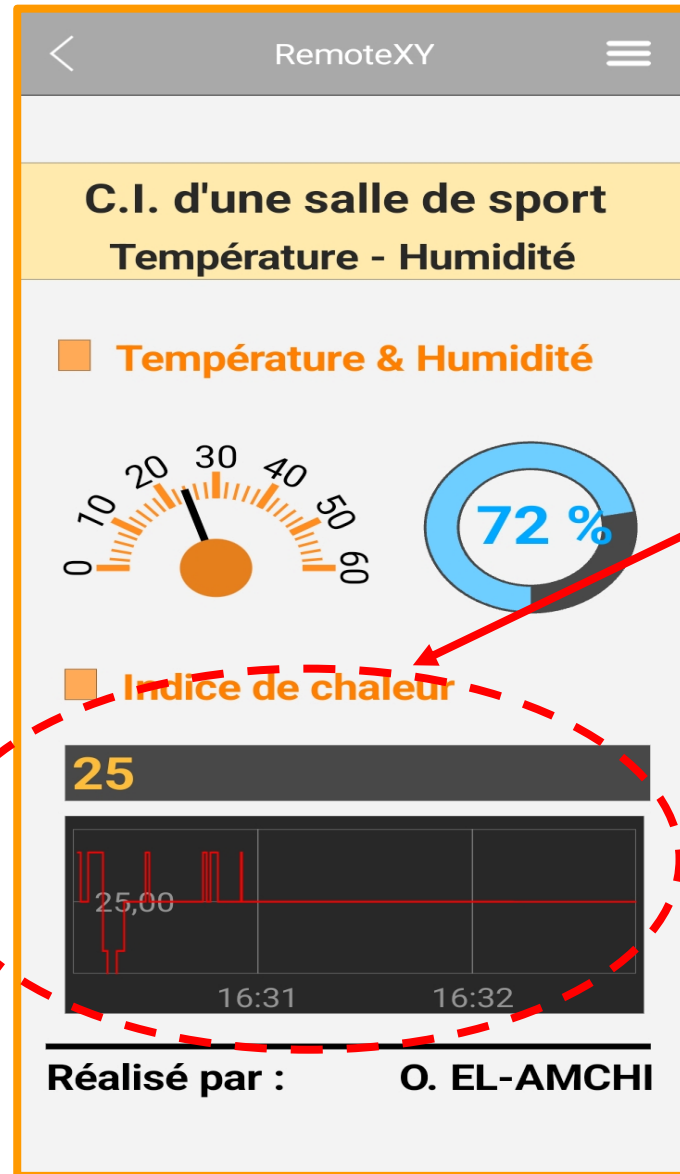
Algorithme de fonctionnement



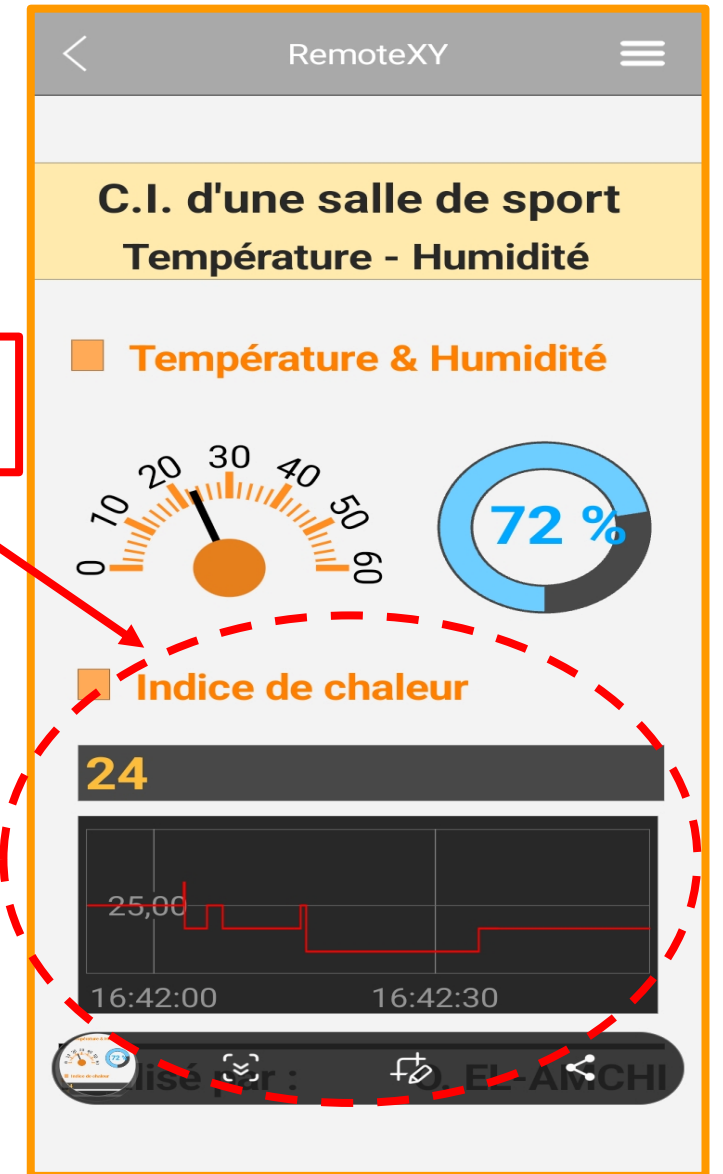
Réalisation de l'application

Configuration

-  Wi-Fi access point
-  Arduino UNO R3
-  ESP8266 Wi-Fi module
-  Arduino IDE



Evolution d'indice de chaleur



Conclusion

- L'adaptation naturelle est une solution plus économique, mais son efficacité dépend des conditions au milieu extérieur.
- L'adaptation forcée est toujours utile, cependant elle présente des contraintes économiques dans certains cas.
- La ventilation est nécessaire dans tout le temps pour garder une bonne qualité d'air, donc il faut une surveillance continue de l'état des ventilateurs et des filtres.
- L'algorithme de fonctionnement ne peut être le plus efficace, car il ne peut pas couvrir toutes les situations possibles.

Merci pour votre attention