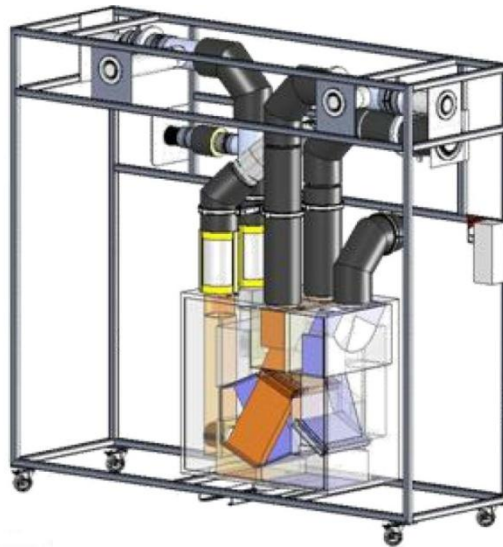


**VMC DOUBLE FLUX
VM20**



**PERTE DE PRESSION ET D'ENERGIE
ANALYSE DE L'ADAPTABILITE
DU SYSTEME**

**STI DD
ENSEIGNEMENT TRANSVERSAL**

1 - OBJECTIFS DE LA SEANCE

- Visualiser le concept de pression Absolue et Relative, Statique – Dynamique et Totale
- Comprendre la corrélation existante entre Débit d'air (Flux d'air) et Perte de Pression
- Comprendre l'adaptation d'un système aux contraintes de fonctionnement

La centrale VM20 sera positionnée dans les trois modes de fonctionnement (Absence, Cuisine et Boost), grâce au système de télécommande.

2 - INTRODUCTION

Le système VM20 présenté ici de manière didactisée, équipe principalement des logements ou des pavillons, allant du T2 (2 pièces principales type chambre et séjour) au T5 et plus. Précisément ici, la VMC DuolixMax équipe un T3.

Il est équipé de conduits permettant de véhiculer l'air extérieur hygiénique dans l'habitat puis de reprendre cet air chaud dans les pièces de service (SdB, WC et Cuisine) pour le rejeter à l'extérieur au travers de bouches spécifiques.

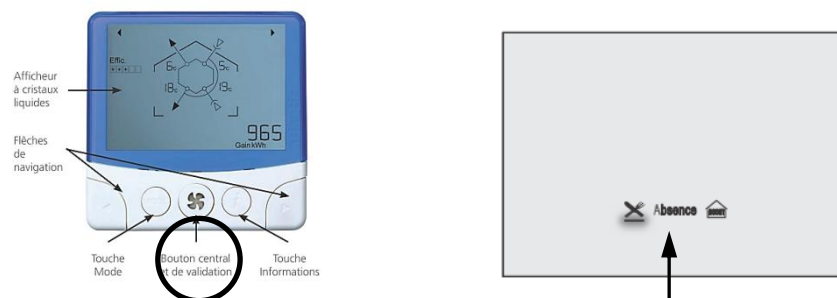
Cet air neuf pourra, suivant certains scénarios de fonctionnement, récupérer de la chaleur de l'air chaud intérieur rejeté grâce à un échangeur de chaleur sensible.



Cet équipement permet trois modes de fonctionnement :

- 1) Mode **Absence** : Cas où le logement est inoccupé. Le débit total est réduit à son minimum
- 2) Mode **Cuisine** : Cas où le logement est occupé. Le débit total extrait est augmenté manuellement pour prendre en compte l'extraction des effluents de la préparation de repas pendant un temps défini (30min). Au-delà de ce temps le débit d'air extrait en cuisine retombe à sa valeur minimale.
- 3) Mode **Boost** : Cas de la sur-ventilation nocturne en été. Rafraîchissement des locaux par augmentation des débits totaux entrants et extraits

Le mode activé est repérable sur la télécommande :



On se propose au cours de cette activité d'étudier le principe de fonctionnement de ce dispositif de ventilation permettant une économie d'énergie certaine et particulièrement :

- la consommation énergétique instantanée d'un tel système.
- le comportement énergétique du ventilateur d'extraction face à la modulation de puissance ;

Durant l'activité, vous serez amenés à réaliser des expérimentations et des relevés de mesure. L'ensemble de vos conclusions seront rédigées sous la forme d'un compte-rendu et sur des documents réponses fournis en annexe à ce document.

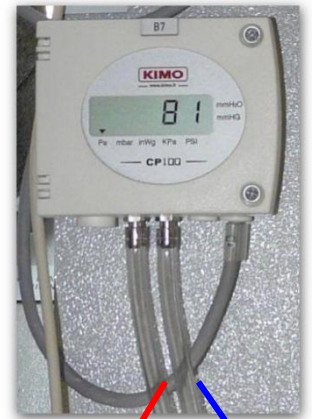
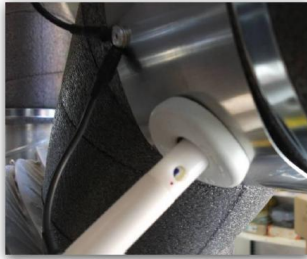
Il est conseillé d'effectuer des copies d'écran durant l'activité afin d'illustrer votre travail de restitution qui peut également être rédigé sous forme numérique.

Positionnement des Prises de Mesures

Afin de répondre aux objectifs visés ici, un certain nombre de relevés par points de mesures vont être réalisés. Trois modes de relevés vont être observés :

1) Directement à l'aide de l'instrumentation du support VM20

- Vitesses d'air, en m/s



- Pressions, en Pa (Pascal) :

Ces tubes seront fixés sur des prises spécifiques mises en place sur le support VM20 étudié, comme l'indique l'image ci-dessous, mais aussi à des endroits spécifiques du circuit telle que **la sortie d'air du caisson (ou l'entrée !)**

Mesure de pression différentielle



Prise de mesures à positionner sur les points de mesure de la sortie d'air du caisson (ou l'entrée !)

Façade du support Au bas des sorties d'air (AN3 et AV3)

- Les différents points de mesures autour des ventilateurs sont ainsi définis :

AN = Air Neuf

AN1 → prise de mesure en aval du filtre (= en amont de l'échangeur)

AN2 → prise de mesure en amont du ventilateur (= en aval de l'échangeur)

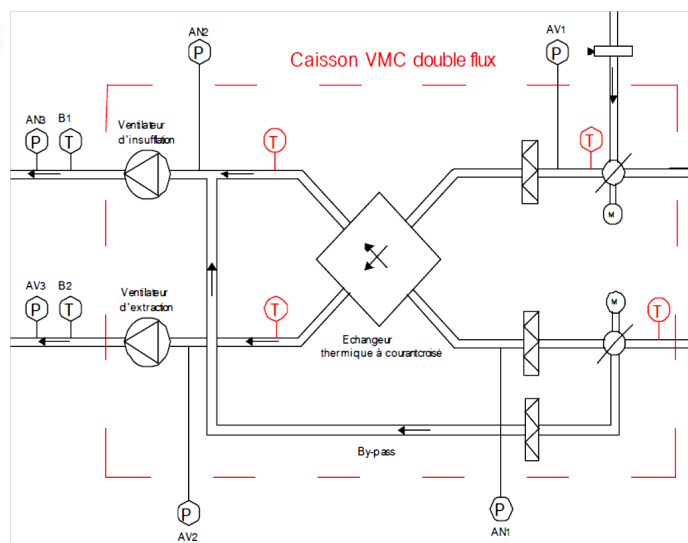
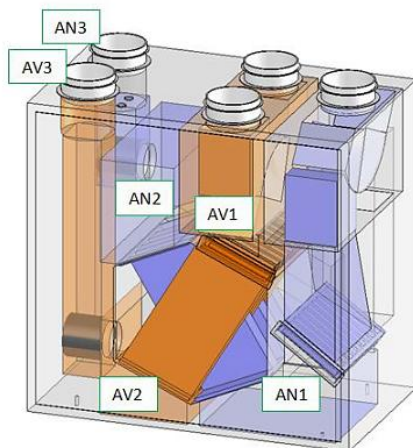
AN3 → prise de mesure en aval du ventilateur

AV = Air Vicié

AV1 → prise de mesure en amont du filtre

AV2 → prise de mesure en amont du ventilateur (= en aval de l'échangeur)

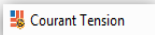
AV3 → prise de mesure en aval du ventilateur



2) **Par l'intermédiaire des exécutable** Labview, fourni avec le support :

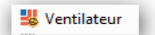
- Intensité absorbée par un moteur de ventilateur, en Ampère

↻ Exécutable :



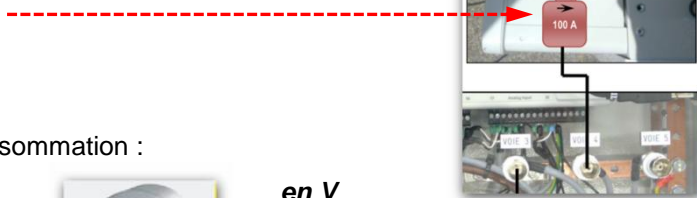
- Vitesse et fréquence de rotation du moteur, en tr/min et en Hz

↻ Exécutable :



3) **A l'aide de l'appareillage** de mesures :

- Pince ampèremétrique, en **A**



- Appareillage de mesures de consommation :

➤ Tension d'alimentation,

...en V

➤ Facteur de puissance,

...cosφ



Vous Visualiserez

- La conséquence du positionnement d'une sonde de pression dans le flux d'air sur la signification de la valeur obtenue,
- La résistance que rencontre l'air, obtenue au travers de la mesure de la pression différentielle, lors de son passage dans des accidents de parcours (iris, coudes, tés, bouches, ...) et de son transport,
- L'énergie reçue par un flux d'air au travers de l'action d'un ventilateur

et matérialiserez :

- Le concept de Pressions d'air
- Le bilan énergétique d'un flux d'air permettant sa circulation dans un réseau

Energie totale perdue par le flux (résistance) = Energie développée par le ventilateur

Pour assurer la Circulation de l'Air !

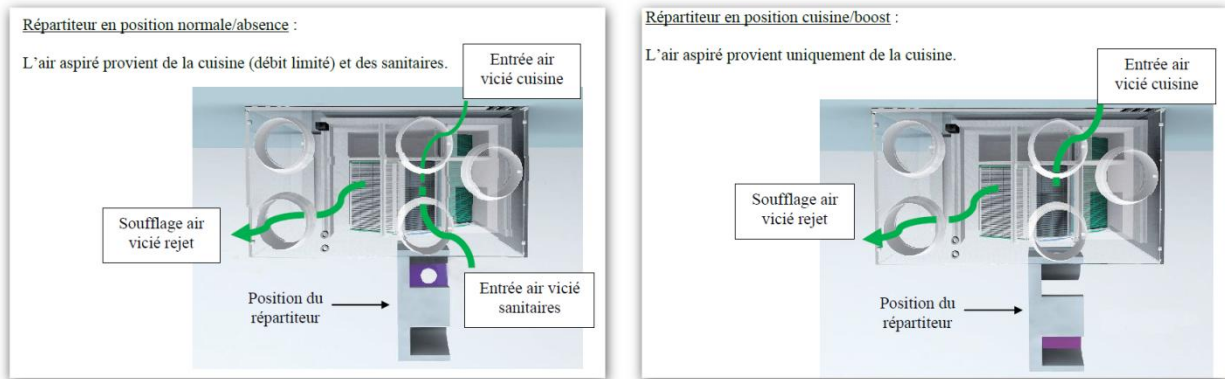
Vous en quantifiez:

- Des Flux d'air véhiculés, autrement appelés **Débits Volumiques d'Air**, notation « **Qv** » en m³/h
- Des Variations de Pressions en **Pa** (Pascal) significative de l'énergie perdue ou gagnée par l'air, fonction des débits volumiques d'air véhiculés
- L'énergie reçue par le flux d'air, donc la puissance reçue par l'air, provenant de l'action du moto-ventilateur
- Des puissances électriques consommées par le moteur du ventilateur d'extraction

Vous analyserez l'impact des variations de pressions sur :

- Sur les consignes fournies par le système de régulation permettant l'adaptation du moteur du ventilateur d'extraction aux contraintes demandées (Modes de fonctionnement, simulation de résistance au passage de l'air)
- La consommation d'énergie que représente la modulation du débit d'air au travers de l'échangeur

Principe de la circulation d'air(en extraction)

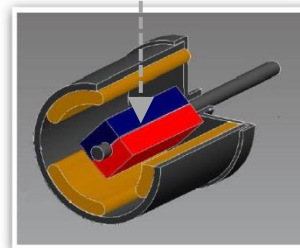


et

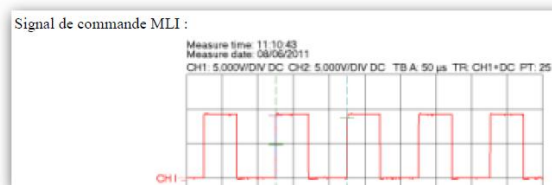
de l'adaptabilité du **Système VM20** (Modes de fonctionnement et Réseau aéraulique)

Le système est constituée de 2 groupes ventilateurs (extraction d'air vicié et insufflation d'air neuf) comprenant chacun :

- Un ventilateur centrifuge
- Un moteur à courant continu à aimants permanents (brushless)
- Une carte d'alimentation et de commande



Chaque groupe est piloté par un signal **MLI** (**M**odulation de **L**argeur d'**I**mpulsion) généré par la carte de commande générale de la VMC à partir des informations de la télécommande.



Ce signal **MLI** varie lors d'un changement de mode de fonctionnement et n'intervient qu'en tant que consigne dans le fonctionnement.

La régulation de débit est effectuée directement par le groupe ventilateur à partir des données de fonctionnement mesurées par la carte d'alimentation et de commande (puissance, vitesse de rotation).

Le groupe ventilateur va donc ajuster en permanence la vitesse de rotation du ventilateur pour maintenir un débit égal à celui paramétré, fonction du mode de fonctionnement **et de la résistance que l'air va rencontrer dans le réseau.**

Plus cette résistance sera importante et plus le ventilateur générera une énergie plus importante afin d'obtenir le débit souhaité.

3- PRESSION - PERTE D'ENERGIE – BILAN ENERGETIQUE :

Les sciences physiques définissent la notion de pression dans une section droite donnée (notée « P »). Toutefois le positionnement de la sonde de pression et la valeur qui va découler de la mesure revêt une attention toute particulière. En effet, suivant le branchement des tubes de mesures et leur positionnement dans la section de mesures, on peut obtenir :

- Une pression **Statique** « **Ps** » : Branchement perpendiculaire au sens de circulation du flux supérieure ou inférieure à 0 !
- Une pression **dynamique** « **Pd** » : Fonction de la valeur de la vitesse d'air

$$P_{dynamique} = \rho_{air} \times \frac{w_{air}^2}{2} \text{ en Pa : correspondant à l'énergie cinétique de l'air au point de mesure}$$

- Une pression **totale** : Somme des pressions statique et dynamique

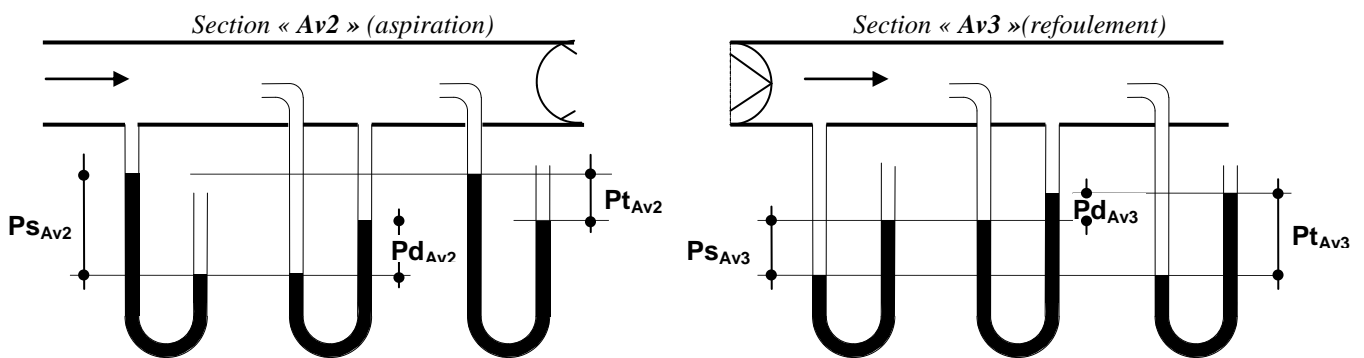
La mesure d'une pression peut se faire à l'aide de tubes (dits aussi Tubes en U). Pour le travail à réaliser ici, le tube en U sera remplacé par l'appareil « **B7** » disposé sur le banc.

Représentation générale :

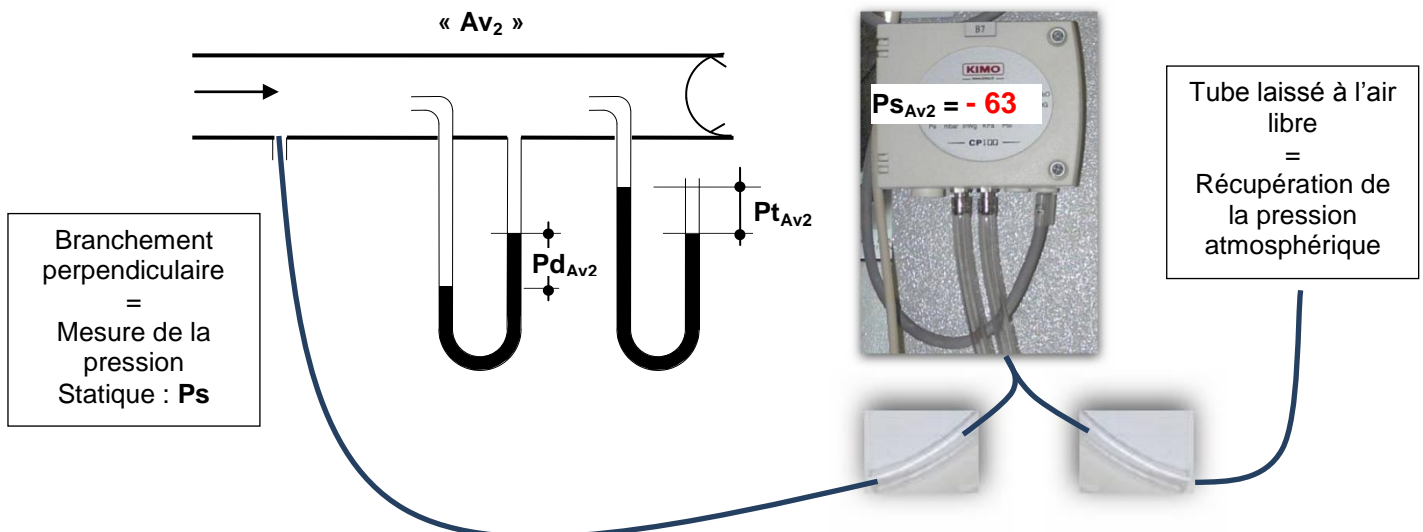
Dans la section d'aspiration (point AV₂) ou de refoulement (point AV₃) la pression totale s'écrira :

$$P_{TA_{V2}} = P_{SA_{V2}} + P_{DA_{V2}} \text{ et}$$

$$P_{TA_{V3}} = P_{SA_{V3}} + P_{DA_{V3}}$$



Représentation réelle :



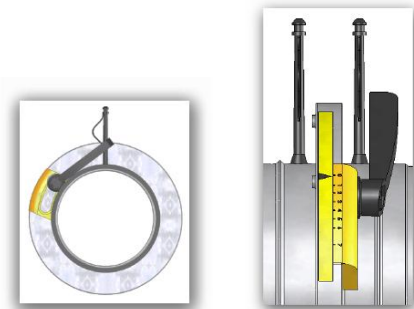
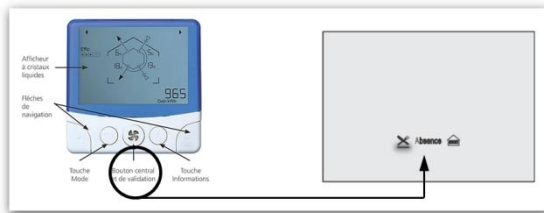
La mesure de pression statique ainsi réalisée est dite : **Pression Relative (> ou < 0 !!)**

L'énergie développée par le moto-ventilateur (d'extraction ici) sera évaluée en réalisant l'opération :

$$\Delta Pt = (Pt_{AV3} - Pt_{AV2}) \text{ en Pa [ou J/m}^3 \text{ d'air déplacé]}$$

a) Phase de relevés :

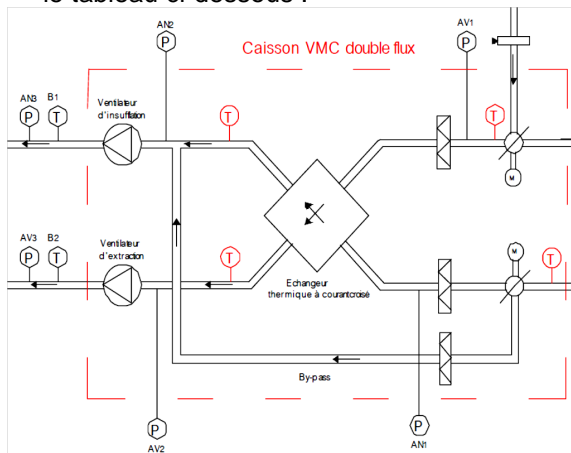
- Mise en place des réseaux de soufflage et d'extraction : Tous les IRIS seront en **position 0** (tout ouvert)
- Activation du mode : **ABSENCE**



IRIS diamètre 125mm

- Mesures :

En utilisant l'appareil « B7 » indiquez les valeurs des pressions obtenues aux points énoncés dans le tableau ci-dessous :



	Points de mesure	Pression relative lue en Pa	Indicateur	Vitesse de l'air en m/s
	Non raccordé	0	= 0	0
Ventilateur de soufflage	AN2	-128	< 0	2,20
	AN3	47	> 0	
Ventilateur d'extraction	AV2	-84	< 0	3,10
	AV3	07	> 0	

b) Phase d'exploitation :

Déterminez, en chacun de ses points, la valeur des pressions **Statique**, **Dynamique** et **Totale**

	Points de mesure	Pression Statique en Pa	Pression Dynamique En Pa	Pression Totale En Pa	Energie fournie par les ventilateurs en J/m ³ (ou Pa)
	Non raccordé	0	0	0	
Ventilateur de soufflage	AN2	-128	2,90	-125,10	 $(Pt_{AN3} - Pt_{AN2})$ 175 Pa
	AN3	47		49,90	
Ventilateur d'extraction	AV2	-84	5,77	-78,23	 $(Pt_{AV3} - Pt_{AV2})$ 12,77 + 78,23 91 Pa
	AV3	07		12,77	

Nota : Masse volumique de l'air : $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

c) Phase de d'analyse :

Lors de la phase de soufflage ou d'extraction d'air, l'air est pris à la valeur de la pression atmosphérique et rejetée à la même valeur. **En valeur relative, on dit que la pression relative de la pression atmosphérique est égale à 0 !**

En observant vos résultats précédemment obtenus, répondez aux questions ci-dessous :

1	Pourquoi la pression statique aux points AN ₂ ou AV ₂ est-elle inférieure à 0 ?	L'air étant pris dans une ambiance où règne la pression atmosphérique dont la valeur est égale à 0 Pa en relatif, l'air empruntant le conduit subit une baisse de la pression du fait des frottements de l'air contre le conduit et implique donc une pression relative inférieure à 0 en AV ₂ . Même raisonnement en AN ₂ .
2	Pourquoi la pression statique aux points AN ₃ ou AV ₃ est-elle supérieure à 0 ?	En AN ₃ et AV ₃ , l'air a subit une augmentation de la pression du fait de l'énergie cédée par le ventilateur à l'air.
3	Que représente la différence de pression entre :	(AN ₃ - AN ₂) :
		(AV ₃ - AV ₂) :
4	Comment s'est traduite l'énergie reçue par l'air au passage dans le(s) ventilateur(s) ? A quoi sert cette énergie ?	Représente l'énergie fournit par le ventilateur de soufflage : équivalente à l'énergie perdue par frottement sur le parcours de l'air au soufflage
		Représente l'énergie fournit par le ventilateur d'extraction : équivalente à l'énergie perdue par frottement sur le parcours de l'air à l'extraction
5	Une pression dynamique peut-elle être inférieure à 0 ? Pourquoi ?	Par une augmentation de la pression STATIQUE et non totale, du fait que la vitesse et donc l'énergie cinétique est égale de part et d'autre du ventilateur.
		A mettre en mouvement le flux d'air.

d) Phase de synthèse :

1	Une pression statique est obtenue grâce à un tube ou une prise de pression positionnée :	- Parallèlement au sens du flux d'air	<input type="checkbox"/>
		- Perpendiculairement au flux d'air	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Une pression dynamique est calculée par la relation :	$P_{dynamique} = \rho_{air} \times \frac{W_{air}^2}{2} \quad \text{en Pa}$	
3	Une pression totale d'un flux en un point donné représente :	La somme : $P_t = (P_{statique} + P_{dynamique})$	

L'énergie fournie par le(s) ventilateur(s) au flux d'air pour le placer une circulation est obtenue par la variation de pression entre la sortie et l'entrée du flux, en Pa (Pascal ou J/m³)

Quelle relation pourrait-on mettre en place afin de passer d'une énergie développée (ou travail volumique des ventilateurs) en **J/m³** à une puissance fournie à un flux d'air en **W** (ou J/s) ?

$$W = \frac{J}{s} = \frac{J}{m^3} \times \frac{m^3}{s}$$

Soit :

$$P_{\text{utile ventilateur}} = (P_{t_3} - P_{t_2}) \times Q_v$$

4- ADAPTABILITE DU SYSTEME VM20 :

Vous avez pu observer, pour un mode de fonctionnement du système (**ABSENCE**), qu'un ventilateur délivrait une certaine énergie pour mettre en mouvement le flux d'air.

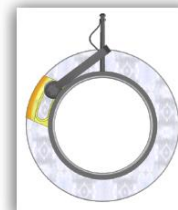
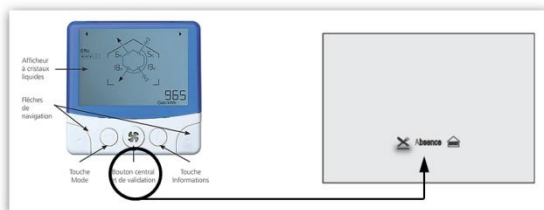
Toutefois, ce système de récupération de chaleur peut être adapté à tout type de pavillon (à partir du T3 : trois pièces principales). Mais, tous les pavillons ne se ressemblent pas et les longueurs de raccords entre les bouches de soufflage et d'extraction peuvent être très éloignées du caisson de récupération d'énergie.

Dans de tels de cas de figure, le constructeur n'a pas prévu des ventilateurs de différentes puissances, mais bien le même système adaptatif pour les cas les plus courants de structures de pavillons.

Nous allons ici observer le comportement du ventilateur d'extraction, pris en un seul mode (**ABSENCE**), lors d'une augmentation de la résistance subit par l'air extrait au travers d'un petit subterfuge.

a) Phase de relevés :

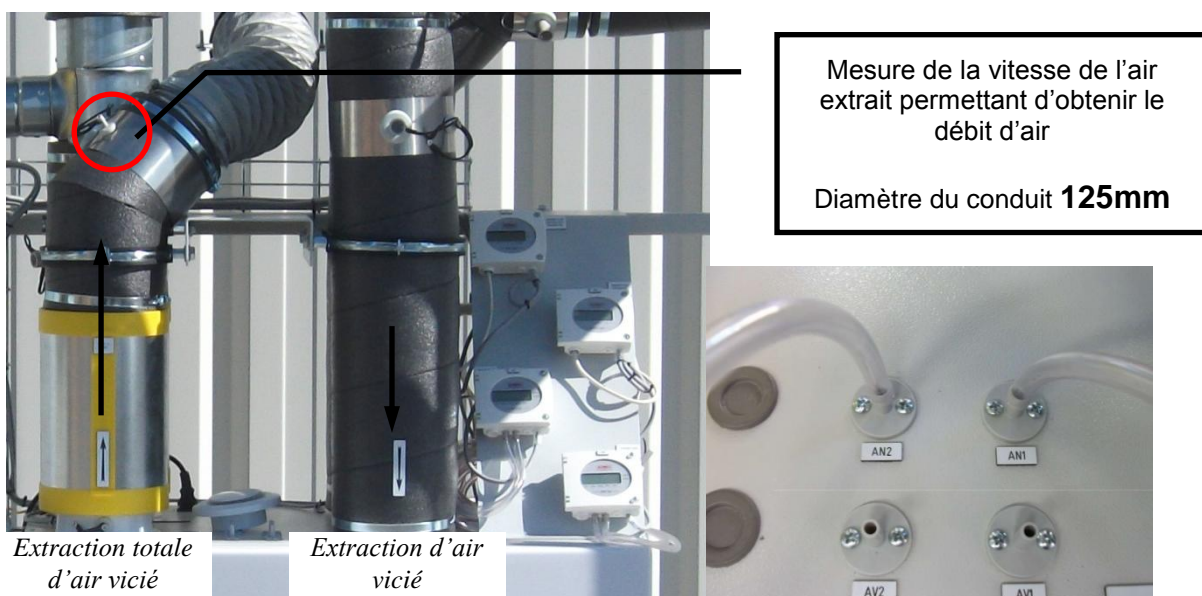
- Mise en place des réseaux de soufflage et d'extraction : Tous les IRIS seront en **position 0** (tout ouvert)
- Activation du mode : **ABSENCE**



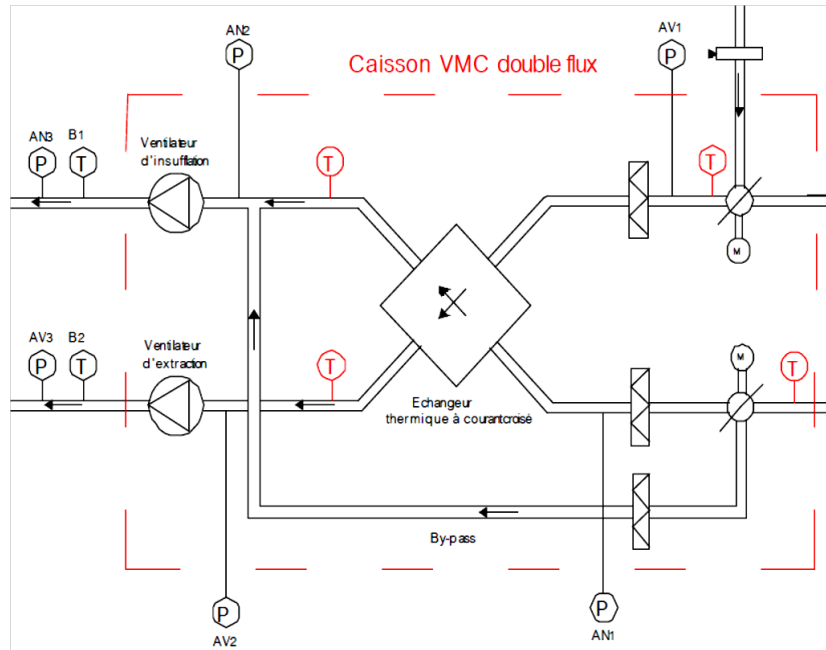
- **Subterfuge** : En utilisant le mode ABSENCE, vous allez simuler une augmentation de la résistance de l'air dans le réseau d'extraction en fermant les iris :
 - Dans un premier temps, disposé après la bouche « WC »
 - Dans un deuxième temps, disposé après la bouche « WC » et « Cuisine »
- Mesure :

Attendre systématiquement 5 minutes avant toutes nouvelles modifications des iris !

Le réseau étudié est représenté ci-dessous :



Pour assurer une visibilité dans les mesures, cette réalité sera transformée en un schéma aéraulique de principe comme suit :



Lors du lancement de la phase de relevés, vous utiliserez deux exécutables **LABVIEW** :

- **Courant _ Tension** : permettant de lire la valeur de l'intensité absorbée par le moteur du ventilateur
- **Ventilateur** : permettant d'obtenir les valeurs :
 - . Consigne du ventilateur en %
 - . Vitesse d'air (si option VM22), sinon par lecture à l'air de l'option VM21
 - . Vitesse de rotation du moteur en tr/min
 - . Fréquence du courant en Hz

De la même façon, à chaque changement de position des iris, vous relèverez la tension et le $\cos\phi$ de l'installation à l'aide de l'appareil de mesures :



En utilisant toutes les indications ci-dessus, renseignez le tableau de valeurs fourni en **Annexe 1**.

Remarque :

Afin d'augmenter les écarts de mesures entre les trois cas de figures, il sera possible de déposer :

- Dans le cas n°2 : la bouche WC et la remplacer par une feuille
- Dans le cas n°3 : la bouche WC et la bouche Cuisine

On remplacera alors la bouche par une feuille de papier ou tout support permettant de réaliser une fermeture quasi complète de la circulation de l'air au travers de l'orifice ainsi bouché.

Dans ce cas, vous pourrez utiliser les Annexes 1bis et 2 bis pour reporter vos résultats.

Chaque situation de configuration du réseau d'extraction étudiée présente l'avantage de proposer des cas de figures dans lequel le système devra s'adapter afin d'assurer les besoins d'extraction d'air.

Nous allons **exploiter** les mesures afin d'**évaluer** l'impact énergétique de l'augmentation de la résistance créée par la fermeture des iris, **analyser** le fonctionnement proposé puis **conclure** quant à l'adaptabilité du système.

b) Phase d'exploitation :

A l'aide des mesures réalisées et indiquées en annexe, renseignez le tableau ci-dessous :

	Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
Diamètre réseau d'extraction en mm	125		
Vitesse d'air en m/s	3,10	3,10	3,10
Débit d'air extrait en m ³ /h	137	137	137
Pression différentielle $\Delta P = (P_{AV3} - P_{AV2})$ en Pa	91	119	141

Estimez les Energies et le Puissances utiles du ventilateur et électriques absorbées du moteur dans les trois cas. Renseignez le tableau ci-après :

Rappel : Puissance utile reçue sur l'air : $P_u = Qv \times (P_{AV3} - P_{AV2})$

Puissance électrique en monophasé : $P_{elec} = U \times I \times \cos \varphi$

	Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
Puissance utile du ventilateur (ou reçue par l'air) en W	3,463	4,529	5,366
Puissance électrique en W	11,38	14,43	15,86
Rendement du moto-ventilateur en %	30,43	31,39	33,83

c) Phase de synthèse :

1	Comment se comporte le débit d'air mis en jeu par le moto-ventilateur lors de l'activation des trois cas de figure proposés ?	Constant ?	<input checked="" type="checkbox"/>
		Augmente ?	<input type="checkbox"/>
		Diminue ?	<input type="checkbox"/>
2	La consommation énergétique du moto-ventilateur est-elle :	Constante ?	<input type="checkbox"/>
		En augmentation ?	<input checked="" type="checkbox"/>
		En régression ?	<input type="checkbox"/>

Tracez sur la courbe caractéristique du ventilateur fourni en **Annexe 2**, l'évolution de la pression différentielle ΔP en fonction du débit d'air extrait : $\Delta P = (P_{AV3} - P_{AV2}) = f(Qv)$.

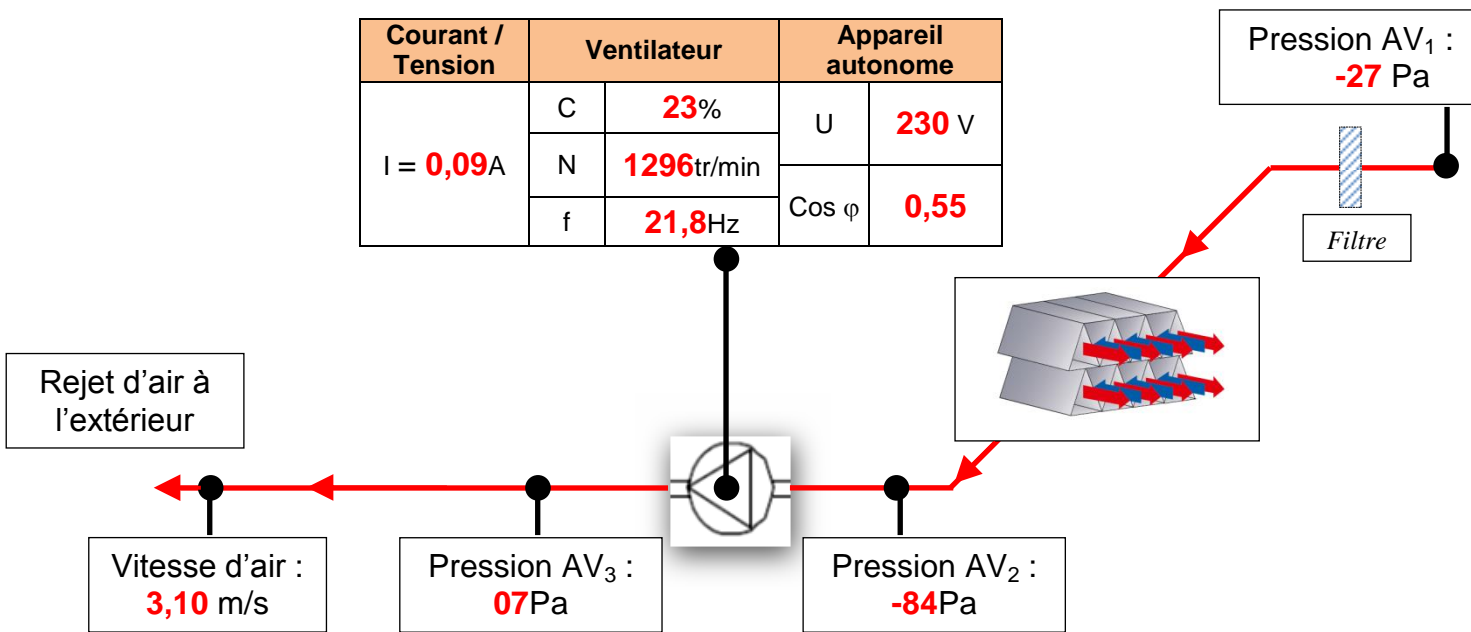
Comment se déplace le point de fonctionnement ? Quel est l'intérêt du système ainsi mis en place par le fabricant ? Vous argumenterez vos réponses en précisant les avantages et les inconvénients observés.

Indiquer votre conclusion au-dessus de la courbe de l'Annexe 2 !

ANNEXE 1 : Adaptabilité du système VM20 - Phase de Relevés

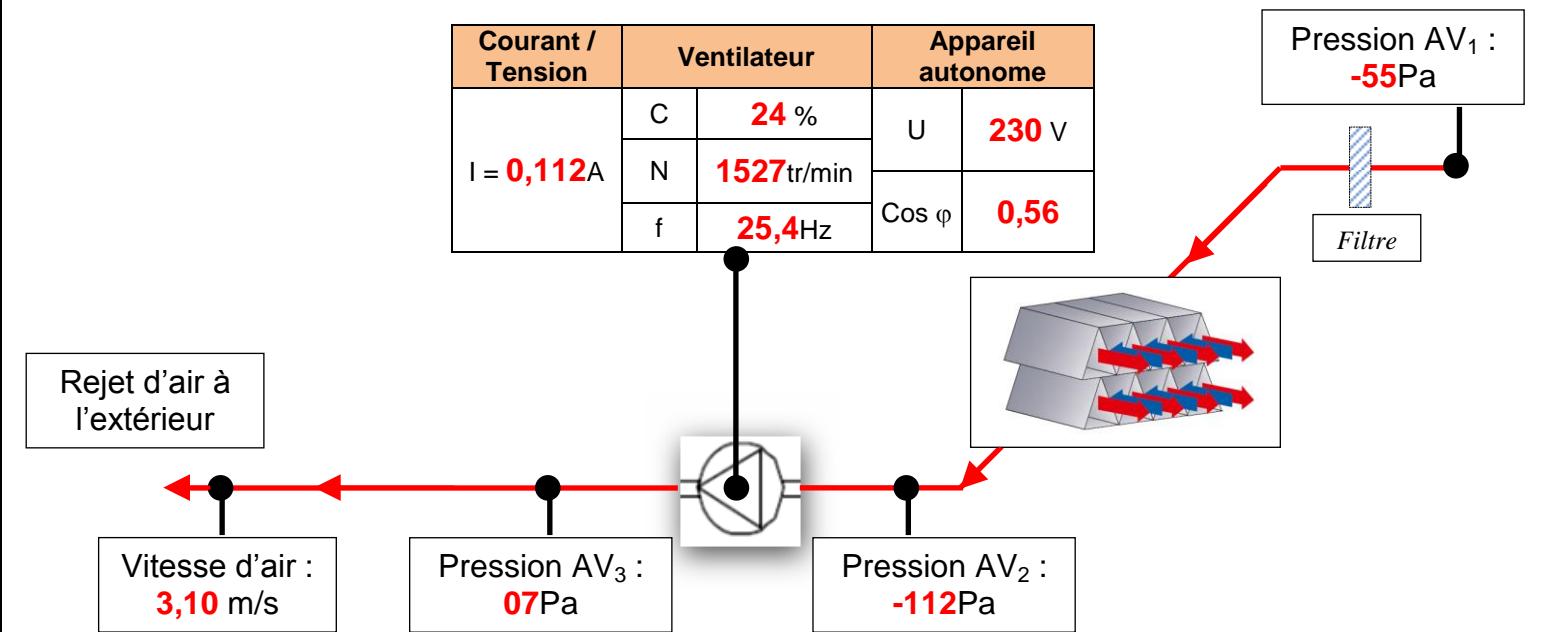
Cas n°1 : Les deux IRIS ouverts (en position 0)

Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
I = 0,09A	C	23%	U	230 V
	N	1296tr/min	Cos φ	0,55
	f	21,8Hz		



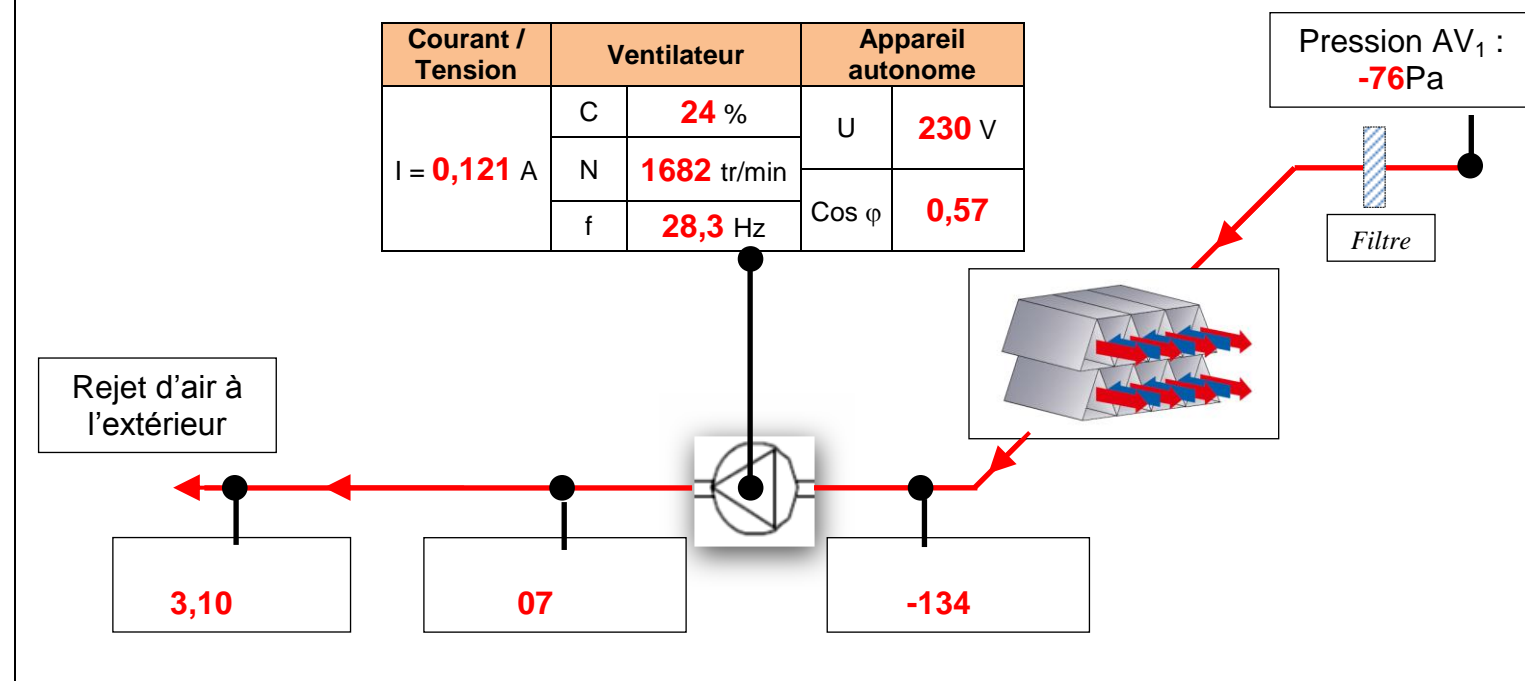
Cas n°2 : IRIS « WC » Position7 – IRIS « Cuisine » Position 0

Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
I = 0,112A	C	24 %	U	230 V
	N	1527tr/min	Cos φ	0,56
	f	25,4Hz		



Cas n°3 : IRIS « WC » Position7 – IRIS « Cuisine » Position 7

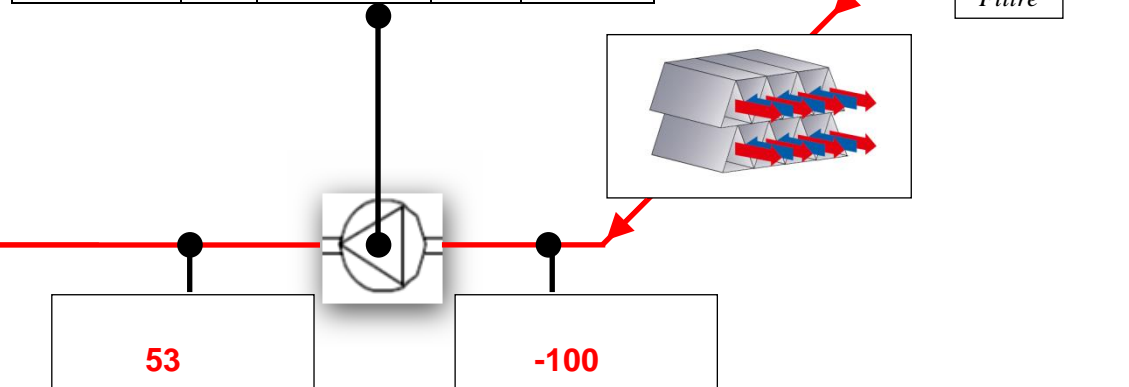
Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
I = 0,121 A	C	24 %	U	230 V
	N	1682 tr/min	Cos φ	0,57
	f	28,3 Hz		



Nota : Attention aux signes des valeurs des Pressions mesurées !!

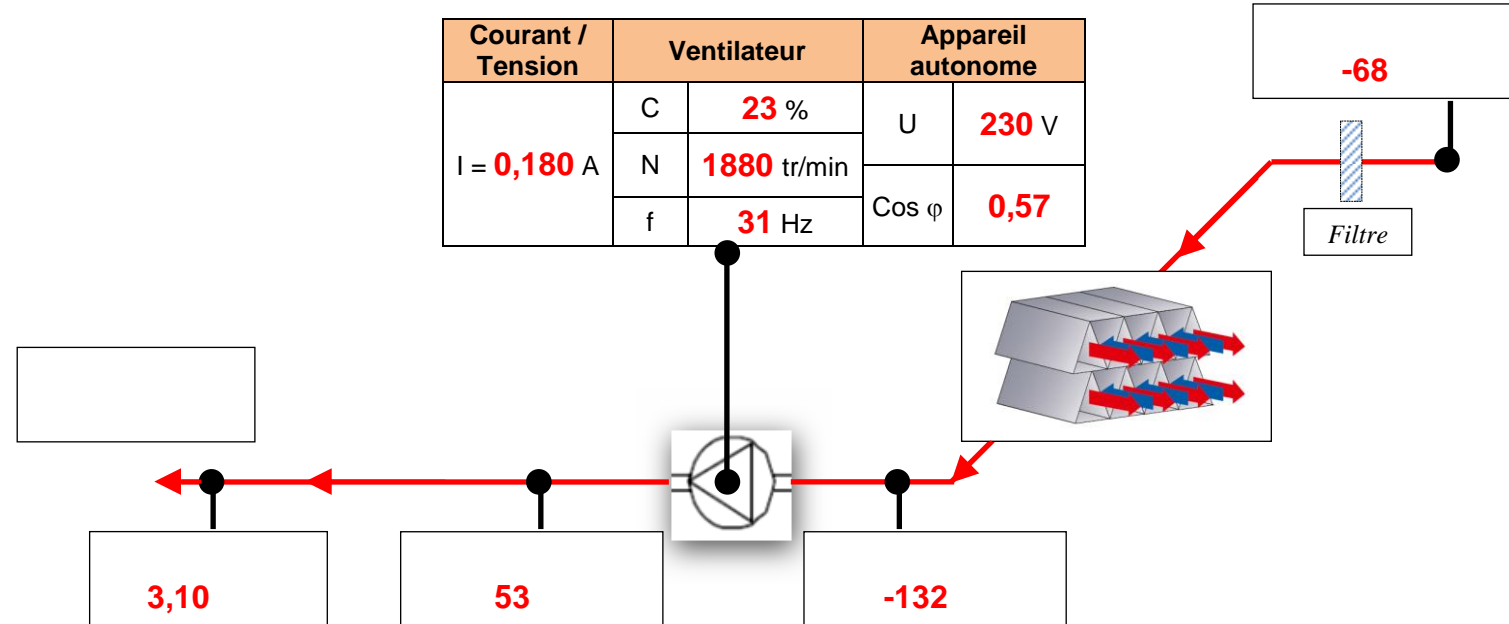
Cas n°1 : Les deux IRIS ouverts (en position 0)

Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
	C	22 %	U	230 V
	N	1711 tr/min	Cos φ	0,56
	f	28,5 Hz		



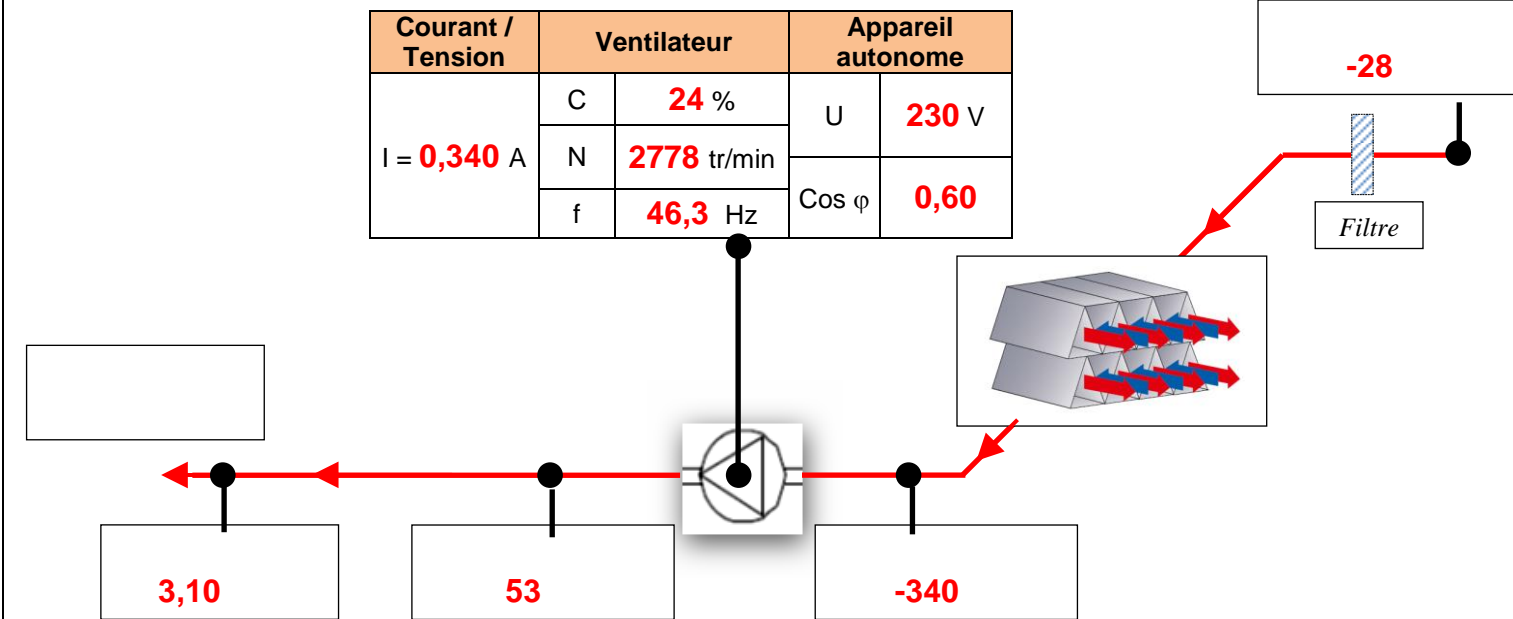
Cas n°2 : Bouche « WC » fermée – Bouche « Cuisine » Ouverte

Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
	C	23 %	U	230 V
	N	1880 tr/min	Cos φ	0,57
	f	31 Hz		



Cas n°3 : Bouches « WC » et « Cuisine » fermées

Courant / Tension	Ventilateur		Appareil autonome	
	C	24 %	U	230 V
	N	2778 tr/min	Cos φ	0,60
	f	46,3 Hz		



Nota : La fermeture des bouches peut se faire à l'aide d'une feuille de papier A4 ou tout autre support permettant une fermeture QUASI-TOTALE de la bouche !

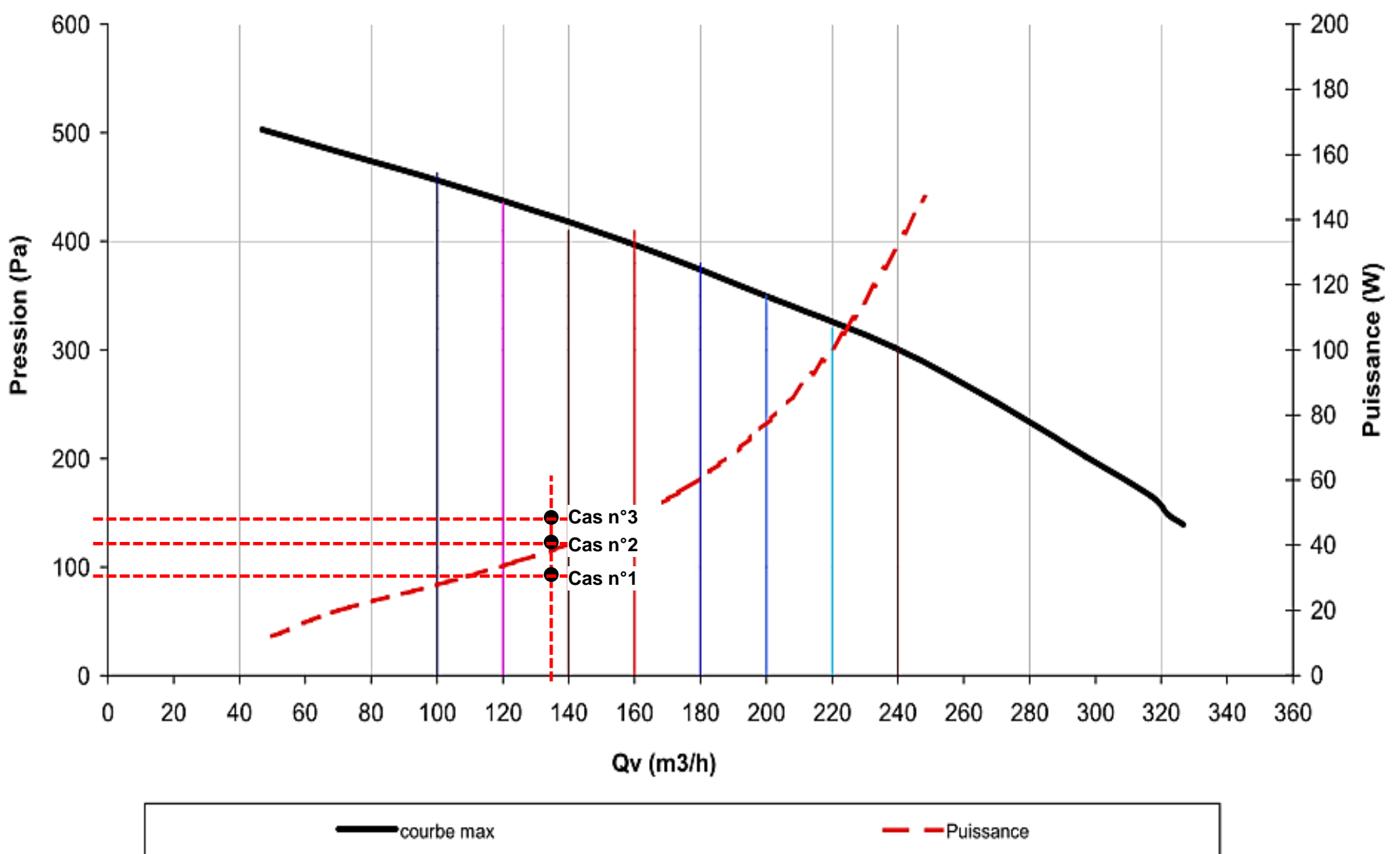
CONCLUSION GENERALE

1. La pression de l'air dans un réseau d'air fluctue. Elle est influencée par le parcours de l'air dans le réseau, mais aussi de la nature du conduit de transport et des accidents de parcours tels que l'échangeur, les filtres, les coudes, tés et bouches.
2. Une pression RELATIVE peut être positive ou négative : la référence étant la pression atmosphérique (égale à 0 prise en référence des pressions relatives)
3. Le système proposé permet de s'adapter aux parcours souvent très différents d'un pavillon : ainsi les ventilateurs sauront toujours fournir l'énergie nécessaire pour assurer les débits réglementaires. L'étude faite avec la feuille de papier donnant une résistance maximale au transport de l'air montre bien cet état de fait.
4. On observe aussi que plus la résistance augmente (la différence de pression augmente au niveau du ventilateur d'extraction) plus les consommations énergétiques de celui-ci augmentent aussi. On peut donc en conclure que si le système permet de s'adapter probablement dans bons nombres de cas de figures les consommations électriques affichées par le fabricant (kwhep, méthode ThCE 2006 voir TP 02) ne sont pas constantes mais bien suivant l'architecture du parcours de l'air dans le pavillon.
5. La carte électronique embarquée agit afin d'augmenter la vitesse de rotation du moteur afin de s'adapter au réseau et aux variations de pertes de pression (aussi appelées « pertes de charge »).
6. Le « $\cos\phi$ » augmente avec la charge, c'est-à-dire lors de l'augmentation des pertes de pression améliorant le rendement du moto-ventilateur
7. Dernier point : alors que la perte de pression est fonction du débit, on observe sur la courbe du ventilateur, que le système s'adapte afin de garder le débit constant malgré la variation de pression changeante. On est donc en présence d'un ventilateur à vitesse de rotation variable.

Configurations certifiées

Logt	nb SdB	nb WC	nb SdO	duolixMAX		
				Débit PV m3/h	Débit GV m3/h	Puissance W-Th-C
T2	1	1	0	90	90	24,1
	1	2	0	90	90	24,1
	1	1	0	90	105	25,6
T3	1	2	0	105	105	31,9
	1	2	1	120	105	35,8
	2	2	0	135	105	40,2
	2	2	1	150	105	45,7
	2	2	1	150	105	45,7

Caractéristiques DUOLIX max



Caractéristiques DUOLIX max

