MyChauffage
182 Quai George V
76600 Le Havre

Cahier Des Charges - Filtre Climatiseur

Auteurs : CARRÉ ARNAUD

Table des matières

1 Contexte **1**

2 Besoins **2**
2.1 Fonctionnement 2
2.1.1 Les données d'entrée 2
2.1.2 Le calcul des déperditions 4
2.1.3 Le calcul de la puissance de refroidissement 4
2.1.4 Sélection des pompes à chaleur 5
2.1.5 Estimation du prix de(s) unité(s) intérieure(s) 7

3 Résultat attendu **8**

1 Contexte

L'année dernière, Mychauffage a beaucoup progressé dans ses ventes de pompes à chaleur air/eau notamment grâce au filtre qui a été développé sur le site. Pour cette nouvelle année, l'objectif est d'appliquer la même méthode pour les PAC Air/Air et ainsi augmenter considérablement le nombre de ventes de climatiseur.
Pour cela, nous souhaiterions augmenter la visibilité de cette technologie, et proposer aux internautes une expérience personnalisée selon les caractéristiques de leur logement pour pouvoir envisager la rénovation de leur système de chauffage ou tout simplement l'ajout d'une PAC air/air.
Nous avons donc développé un « filtre » Excel similaire à celui existant pour les PAC air/eau, et qui, en fonction de quelques paramètres simples et facilement identifiables par n'importe quel utilisateur, permet de proposer des solutions de PAC air/air répondant aux besoins de climatisation du logement considéré.
L'objectif est de développer ce filtre sur le site internet de MyChauffage, au niveau de l'onglet « Climatisation ».

2 Besoins

Le but est de créer un nouveau filtre qui utilisera six questions auxquelles l'utilisateur devra répondre pour pouvoir estimer les déperditions et apports thermiques de son logement et proposer des produits capables de répondre à ces besoins.

2.1 Fonctionnement

2.1.1 Les données d'entrée

1. **La localisation géographique du logement :** Le moteur de calcul des déperditions et apports a besoin de cette donnée pour pouvoir identifier les températures extérieures de base du lieu où se situe le logement ainsi que le "G_{froid}", on retrouve les températures dans la base de données météo. Cette question est en tout point similaire à celle du précédent filtre :

2. **L'année de construction du logement :** L'utilisateur a une liste déroulante présentant les choix suivants qui impactent le choix du coefficient de pertes thermiques G.

.

3. **Le nombre et la surface des pièces :** L'utilisateur peut renseigner jusqu'à 4 pièces dont il devra renseigner la surface.

4. **Les travaux d'isolation :** Cette donnée s'articule autour de quatre éléments constitutifs du logement, à savoir les murs, la toiture, les fenêtres et le sol. Pour chacun de ces éléments, la question « Des travaux d'isolation de l'élément ont-ils été réalisés depuis la construction du logement ? » avec un choix « Oui/Non » est posée comme pour le filtre Air/Eau.

5. **Type d'alimentation électrique :** Si le logement est alimenté en triphasé, aucune pompe à chaleur ne pourra être proposée. L'option « je ne sais pas » met l'alimentation en monophasée par défaut.

6. **L'utilisation qui sera faite de la PAC :** On demande à l'utilisateur s'il souhaite utiliser la PAC pour climatiser son logement, le chauffer ou les deux :

2.1.2 Le calcul des déperditions

En plus des paramètres variables recueillis dans la partie précédente, d'autres paramètres ont été fixés pour fluidifier l'expérience de l'internaute. Ces paramètres sont la hauteur sous plafond fixée à 2.5 m et la température de confort fixée à 20°C.
Le calcul des besoins en chauffage est le même que dans le précédent filtre. Il s'appuie sur le coefficient des déperditions thermiques volumique G, qui dépend de l'année de construction du logement et des travaux d'isolations des différents éléments de celui-ci. Ce calcul est réalisé dans la feuille « Calculs » du fichier Excel. Ensuite, selon si un des élément du logements a été isolé depuis l'année de construction, une pondération du coefficient G est réalisée, avec un calcul conditionnel : « Si isolation murs, Si isolation toitures, Si isolation fenêtres, Si isolation sol ». On distingue alors 16 cas possibles, selon si la réponse est oui ou non à chacun des possibilités d'isolation. Le tableau suivant affiche les coefficients de pondération selon chaque type d'isolation.

	G de base sans isolations	Isolation mur	Isolation toiture	Isolation fenêtres	Isolation plancher bas	G avec isolations
Avant 1974	2	0,25	0,17	0,1	0,08	0,8
De 1975 à 1982	1,63	0,22	0,16	0,09	0,07	0,7498
De 1983 à 1989	1,15	0,22	0,16	0,09	0,07	0,529
De 1990 à 2000	0,95	0,21	0,15	0,09	0,06	0,4655
De 2001 à 2005	0,9	0,18	0,15	0,09	0,06	0,468
De 2006 à 2012	0,75	0,18	0,14	0,08	0,06	0,405
Après 2012	0,34	0	0	0	0	0,34

Le calcul du coefficient G prenant en compte les isolations sélectionnées est le suivant : $G = G_{base} \times (1 - \sum Correction_{isolation})$
Comme on dimensionne ici une PAC air/air, il n'y a pas d'appoint électrique (contrairement aux PAC air/eau), la puissance utilisée pour le dimensionnement sera donc égale à 120% du besoin. Ce besoins en chauffage (càd les déperditions thermiques) sont alors données par l'expression :
Besoins [kW]$=1.2 \times G \times \sum$ Surface de chaque pièce $\times$Hauteur sous plafond $\times (T_{confort} - T_{extdebase}) \div 1000$
Il faut noter qu'il y a certaines communes dont la température extérieure de base est inférieure à $-20°C$: pour celles-ci, on fixera $T_{extdebase} = -20°C$. Ce choix est fait pour deux raisons : une raison pratique puisqu'il n'y a pas de données de puissances de PAC pour des températures inférieures à -20°C ; une raison observatoire selon laquelle des températures aussi basses sont très rarement atteintes en France)

2.1.3 Le calcul de la puissance de refroidissement

En plus des déperditions, il faut aussi pouvoir calculer la puissance de refroidissement que la PAC devra pouvoir assurer. Il s'agit d'estimer les apports thermiques que la PAC devra pouvoir contrebalancer. Ce genre de calcul demande beaucoup de données d'entrée, c'est pourquoi nous utiliserons ici une méthode simplifiée afin de limiter au maximum le nombre de question.
Un coefficient « G_{froid} » a été déterminé pour chaque département. Ces coefficients sont regroupés dans un tableau comme les G classiques, voici un extrait de ce tableau :

Département	P_froid (W/m²)
01	91
2A	131
2B	131
02	81
03	90
04	134
05	133
06	136
07	113
08	78
09	121
10	83

Pour obtenir la puissance froid, ce coefficient est ensuite multiplié par la somme de la surface de chaque pièce : $P_{froid} = S_{totale} \times G_{froid}$ On aura aussi besoin de la puissance froid pièce par pièce que l'on obtient en utilisant la surface de la pièce considérée dans le calcul. Les puissances sont regroupées dans un tableau :

	Surface [m²]	P_froid [kW]	P_chaud [kW]
Pièce 1	10	**0,9**	0,5
Pièce 2	20	**1,7**	1,1
Pièce 3	0	**0,0**	0,0
Pièce 4	0	**0,0**	0,0

2.1.4 Sélection des pompes à chaleur

La feuille de calculs « Base de données Clim » dresse un inventaire de toutes les pompes à chaleur proposées sur le site de MyChauffage.com. On retrouve dans ce tableau le lien MyChauffage.com des produits qui sont sur le site, ainsi que des informations importantes qui permettront de distinguer les PAC qui répondent aux critères de l'utilisateur, à savoir le nombre d'unité intérieur raccordable à l'unité extérieur, ainsi que leur raccordement électrique. On notera que si un client est un triphasé, aucune PAC ne pourra être proposée puisqu'elles sont toutes en monophasée. Pour chacune des marques de climatiseur commercialisée par MyChauffage.Com, il existe une feuille de calcul nommée « Choix PAC + Nom de la marque ». On y retrouve les informations nécessaires au choix de l'unité extérieure et intérieure, un tableau de tri des PAC ainsi qu'une liste des produits qui seront présentés au client.
Commençons avec le tableau de tri :

ordre choix						Prix UE (tel qu'indiqué sur MyChauffage.com)	Prix UI						Puissance_froid T base	Puissance_chaud T base	Compatibilité Mono/Tri	Compatibilité sur le nbr d'UI	Compatibilité puissance froid	Compatibilité puissance chaud	Compatibilité totale
	Type	Gamme	Référence		Nombre d'UI max		20	25	34	40	50	71							
0	Unité murale	Initiale	AOYG-7KPC	Takao M1	1	939	550	-	-	-	-	-	1,92	2,23	1	0	0	1	0
0	Unité murale	Initiale	AOYG-9KPC	Takao M1	1	974	609	609	-	-	-	-	2,40	2,59	1	0	0	1	0
0	Unité murale	Initiale	AOYG-12KPC	Takao M1	1	1167	677	677	677	-	-	-	2,99	3,00	1	0	1	1	0
0	Unité murale	Initiale	AOYG-18KLC	Takao M1	1	1655	1117	1117	1117	1117	1117	-	4,17	5,15	1	0	1	1	0
0	Unité murale	Initiale	AOYG-24KLC	Takao M1	1	2603	1230	1230	1230	1230	1230	1230	6,31	8,02	1	0	1	1	0
0	Unité murale	Confort	AOYG-7KMCC	Takao M2	1	1055,67	555	-	-	-	-	-	1,84	2,39	1	0	0	1	0
0	Unité murale	Confort	AOYG-9KMCC	Takao M2	1	1163,67	623	623	-	-	-	-	2,31	2,81	1	0	0	1	0
0	Unité murale	Confort	AOYG-12KMCC	Takao M2	1	1408,67	681	681	681	-	-	-	3,13	3,72	1	0	1	1	0
0	Unité murale	Confort	AOYG-14KMCC	Takao M2	1	1838,67	834	834	834	834	-	-	3,86	4,21	1	0	1	1	0
0	Unité murale	Confort	AOYG-7KMTB	Takao M2	1	1055,67	538	-	-	-	-	-	2,55	2,40	1	0	0	1	0

*UE=Unité extérieure UI=Unité intérieure

Il y a quelques différences avec ceux du précédent filtre. Les colonnes de gauche (entre type et Nombre d'UI max) contiennent des informations relatives aux produits. Le nombre d'UI max donne le nombre de pièce maximale que le produit peut traiter. Les colonnes des prix UE et UI indiquent les prix des unités des catalogues fabricants, il faudra se reporter aux prix indiqués sur le site MyChauffage comme pour le filtre précédent. Les colonnes « Prix UI » donne le prix des UI qui sont raccordables à l'UE en question. Si la cellule contient un « - », c'est que la taille de l'UI (20,25,34,...) n'est pas raccordable à l'UE.
La puissance délivrée par une PAC Air/Air dépend essentiellement de la température extérieure de base. Pour chaque produit, un tableau a été créé qui donne la valeur de cette puissance selon cette température :

Nom du produit	AOYG-7KET		
Puissance frigo [kW]	2		
Puissance chaud nominale [kW]	2,5		
Puissance chaud à -7°C [kW]	2,4		
Coefficient de perte de puissanc	0,96		
SEER	7,4		
SCOP	4,1		
Fluide	R32		
Gamme			
Type d'émetteur	Multi-split	4	
T_ext [°C]	P délivrée par la pac pour 20°C	**T_ext [°C]**	P délivrée par la pac pour 27°C intérieur à 35 °C extérieur [kW]
-20	-	-10	3,35
-19	-	-9	3,34
-18	-	-8	3,33
-17	-	-7	3,32
-16	-	-6	3,31
-15	2,12	-5	3,31
-14	2,21	-4	3,30
-13	2,29	-3	3,29
-12	2,38	-2	3,28
-11	2,46	-1	3,27
-10	2,55	0	3,26
-9	2,64	1	3,22

Il y a deux tableaux distincts. Celui de gauche présente les puissances en mode chauffage (de -20 à 24°C) et celui de droite, les puissances de refroidissement (de -10 à 46°C). Un fichier CSV de chaque tableau sera créé de la même manière que pour le filtre Air/Eau.
Les colonnes « Puissance froid » et « Puissance chaud » contiennent une formule qui va chercher la valeur de la puissance contenue dans le bon tableau pour la bonne température extérieure. Cette formule a besoin des numéros de ligne correspondant aux températures. Pour cela, on retrouve deux listes dans la feuille « DONNEES » où les températures sont associées aux numéros de ligne correspondant dans les tableaux de puissances. Une formule vient ensuite chercher le numéro pour la puissance chaud (à gauche) en fonction de la température de base du lieu du projet et en fonction de la température chaude pour la puissance froide (à droite). Cette température chaude est définie dans la feuille « Base de données Météo » pour chaque commune au même titre que la température extérieure de base. On a ensuite les colonnes qui vont trier les PAC :

Compatibilité Mono/Tri	Compatibilité sur le nbr d'UI	Compatibilité puissance froid	Compatibilité puissance chaud	Compatibilité totale
1	0	0	1	**0**
1	0	0	1	**0**
1	0	1	1	**0**
1	0	1	1	**0**
1	0	1	1	**0**
1	0	0	1	**0**

1. La première va vérifier que la PAC est compatible avec le branchement électrique du client, 1=Oui, 0=Non
2. La deuxième va regarder si le nombre de pièce à traiter n'est pas supérieur au nombre d'UI qui peuvent être raccordées à l'UE. 1=OK, 0=Trop de pièce à traiter pour cette PAC
3. On vérifie ensuite que les puissances produites par la PAC sont suffisantes par rapport au besoin calculé. Pour le critère sur la puissance froid, si le client a rentré « Chauffer » dans les paramètres d'entrée, on met 1 pour toutes les PAC, sinon, on regarde si la puissance froide est supérieure ou égale à la puissance froid calculée. On affiche 1 si c'est le cas et 0 sinon.
4. On fait la même chose pour le critère sur la puissance de chauffage. Si le client a rentré « Refroidir », on affiche 1 pour toutes les PAC, sinon, on regarde si la puissance de chauffage de la PAC à la température extérieure de base est supérieure ou égale au besoin calculé.

5. La dernière colonne fait la multiplication des colonnes de tri. Si un seul critère n'est pas respecté, le résultat sera 0, sinon, ce sera 1. La première colonne du tableau « ordre de choix » va s'incrémenter de 1 à chaque fois qu'une PAC est compatible. C'est-à-dire que l'ordre des PAC dans le tableau reflète l'ordre d'apparition des PAC au client. Elles sont triées par ordre de prix d'UE croissant.

2.1.5 Estimation du prix de(s) unité(s) intérieure(s)

On va estimer le prix et donc la taille de l'UI à installer dans chaque pièce. Pour ça, on utilisera le tableau suivant :

	Surface [m²]	P_froid [kW]	P_chaud [kW]	Taille de l'UI choisi	N°de colonne
Pièce 1	10	0,9	0,5	20,0	8,0
Pièce 2	20	1,7	1,1	20,0	8,0
Pièce 3	0	0,0	0,0	20,0	8,0
Pièce 4	0	0,0	0,0	20,0	8,0

Ce tableau est présent sur la feuille de chaque fabricant mais la cinquième colonne « Taille de l'UI choisi » varie. En effet, les taille d'UI ne sont pas les mêmes selon les marques. La taille de l'UI correspond de manière simplifiée à la puissance froide que celle-ci peut diffuser. Pour la sélectionner, on va donc comparer la puissance froid pour chaque pièce aux tailles d'UI. Grâce à la fonction « SI ». Par exemple, chez Atlantic, les tailles d'UI sont 20, 25, 34, 40, 50, 71, en les divisant par 10, on obtient la puissance froid en kW qu'elles peuvent fournir. Avec le tableau ci-dessus, pour la pièce 1, $P_{froid} = 0,9$ kW on sélectionne donc la taille d'UI la plus petite soit la 20. Idem pour la pièce 2. Si P_{froid} est entre deux tailles, par exemple 2,3 kW, on choisit toujours la taille supérieure soit ici, la 25. Dans le cas ou P_{froid} serait supérieur à la plus grande taille disponible, ici 7,1 kW, on choisit la plus grande taille soit la 71. La colonne suivante « N°de colonne» affiche le numéro de la colonne du tableau de tri qui contient le prix de l'UI sélectionnée.

Le tableau suivant est aussi présent dans chaque feuille constructeur et affiche le résultat de la sélection :

			Prix UE	Prix UI	Somme	
1	Choix 1	Takao Line AOYG-14KBTA2	1451,5	997,2	3730,7	Takao Line AOYG-14KBTA2
2	Choix 2	Takao Line AOYG-18KBTA2	1795,1	997,2	4074,3	Takao Line AOYG-18KBTA2
3	Choix 3	Takao Line AOYG-18LAT3	1942,1	986,2	4210,2	Takao Line AOYG-18LAT3
4	Choix 4	Takao Line AOYG-24LAT3	2431,8	986,2	4700,0	Takao Line AOYG-24LAT3

La première colonne, après la jaune, affiche le nom de la première unité extérieur qui est conforme dans le tableau de tri. La deuxième affiche le prix de l'UE en question et la troisième, la somme des prix des UI sélectionnées pour chaque pièce du projet. Dans l'exemple précédent, on a deux unités taille 20, on va donc afficher $Prix_{\text{UI}} = Prix_{taille20} \times 2$.
On sélectionne ensuite, en bas de la colonne, le modèle dont la somme des prix est la plus faible. Ici, c'est le choix 1, c'est donc celui qui sera affiché à l'utilisateur.

Le prix des UI qui doit être utilisé pour le calcul du coût de l'installation (ce que l'on souhaite afficher au final) se base sur les prix publics renseignés sur le site MyChauffage. Ce prix doit être calculé comme suit : $Prix_{\text{UI}} = Prix_{Publique} \times 0.84$
Le coefficient de 0.84 correspond à une remise de 30% qui est propre à MyChauffage à laquelle on rajoute 20% de TVA ($0.7 \times 1.2 = 0.84$).

La colonne "Somme"intègre le coût de la mise en service et de la pose. Pour un mono-Split (une seule UI), la mise en service prend en compte l'UE et une UI et coûte 180€. Pour un multi-split (plusieurs UI), on compte 90€pour chaque UI supplémentaires. De plus, on ajoute le prix de la pose qui est de 682€pour un mono-split et 330 €par UI supplémentaires. Par exemple, on installe un multi-split avec trois UI :
Prix affiché $= Prix_{\text{UE}} + 3 \times Prix_{\text{UI}} + 180 + 682 + 2 \times (90 + 330)$

3 Résultat attendu

On affichera au client trois modèles de PAC dans le cas idéal où chaque marque aura une PAC de compatible. Comme pour le filtre existant pour les chaudières, une distinction des marques est faite, selon trois catégories :

1. **Choix premium :** Mitsubishi Electric
2. **Choix Qualité :** Daikin
3. **Choix Premier Prix :** Atlantic

Les tableaux de puissances pour la marque Daikin ne sont pas encore disponibles.
Le fichier Excel du filtre comprend une feuille de calcul « RESULTATS », qui affiche les PAC répondant aux critères indiqués par l'utilisateur :

Texte à afficher	Grâce aux informations que vous avez indiquées, vos déperditions thermiques sont estimées entre 1,5kW et 1,7kW et vos apports thermiques sont estimées entre 2,4kW et 2,7kW, ceci nous permet de vous proposer la gamme de produits suivante :	
		Prix du produit
Choix Premium	**Multi-split MXZ-2F33VF**	3 119,56 l
Choix Qualité	**Pas d'info pour l'instant**	0,00 l
Choix Premier Prix	**Takao Line ACYG-14KBTA2**	2 862,68 l
Autres Pompes à chaleur à afficher		**Prix du produit**
ATLANTIC	Takao Line ACYG-18KBTA2	3 270,68 l
ATLANTIC	Takao Line ACYG-18LAT3	3 428,01 l
DAIKIN		
DAIKIN	Pas d'autre choix conforme DAIKIN	
DAIKIN	Pas d'autre choix conforme DAIKIN	
MITSUBISHI ELECTRIC	Multi-split MXZ-2F42VF	3 398,56 l
MITSUBISHI ELECTRIC	Multi-split MXZ-2F53VF	3 787,56 l
MITSUBISHI ELECTRIC	Multi-split MXZ-3F54VF	4 103,56 l

Pour chaque marque, on affiche le choix le moins cher qui a été sélectionné précédemment. Les autres PAC à afficher sont celles qui ont été sélectionnées par les tableaux de tri mais qui sont plus chères.
Dans le cas où aucune PAC n'est compatible pour une marque, on affichera "Nous n'avons pas de choix Premium/Qualité/-Premier Prix compatible avec votre projet. Contacter nos chargés d'affaires pour aller plus loin". Si le filtre ne sort aucune PAC pour aucune marque, il est fort probable que la surface à traiter renseignée par le client soit trop importante pour les modèles que nous vendons. Pour s'en assurer, on posera un critère sur les puissances calculées. Si $P_{froid} > 6kW$ et que aucune PAC n'est trouvée, alors on affiche "La surface à traiter semble être trop importante pour nos produits. Nous vous invitons à vous rapprocher de nos chargés d'affaires ou réessayer en considérant une pièce de moins." Dans les cas où la surface est faible, le filtre est quand même capable de sortir des produits.