



HAL
open science

Transferts des couples chaleur-masse dans les systèmes constructifs bois : traitement et exploitation de données expérimentales

David Fettig

► **To cite this version:**

David Fettig. Transferts des couples chaleur-masse dans les systèmes constructifs bois : traitement et exploitation de données expérimentales. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2017. hal-01823886

HAL Id: hal-01823886

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01823886v1>

Submitted on 27 Jun 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



Rapport de Projet de Fin d'études

- Promotion 2017 -

**Transferts des couples chaleur-masse dans les
systèmes constructifs bois : Traitement et
exploitation de données expérimentales**

Fettig David

2016/2017

Enseignants responsables : Eric Mougel

Denise Choffel

Table des matières

Remerciements.....	5
Introduction générale.....	6
I. Cahier des charges.....	8
I.1. Contexte et définition du problème.....	8
I.2. Objectifs.....	8
I.3. Périmètre du projet.....	8
I.4. Description fonctionnelle.....	10
I.4.a. Définition du besoin.....	10
I.4.b. Diagramme pieuvre.....	11
I.4.c. Description des fonctions.....	13
I.4.d. Caractérisation des fonctions.....	14
I.4.e. Diagramme FAST.....	14
II. Utilisation de l'interface.....	16
II.1. Structure du logiciel.....	16
II.2. Sélection de la paroi.....	17
II.3. Sélection des capteurs.....	18
II.4. Récapitulatif des choix.....	20
II.5. Période d'étude.....	21
II.6. Graphiques.....	24
II.7. Données climatiques.....	26

III. Description du fichier Excel.....	28
III.1. Présentation du menu.....	28
III.2. Affichage des données d'une paroi.....	29
III.2.a. Données brutes.....	29
III.2.b. Résultats.....	30
III.2.c. Graphiques.....	31
III.3. Lancement de l'interface d'acquisition.....	32
III.4. Pérennité de l'interface.....	33
III.4.a. Ajout de données.....	33
III.4.b. Adaptabilité à d'autres modules.....	35
Conclusion générale.....	36
Bibliographie.....	37

Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Diagramme Gantt de planification du projet de fin d'études.....	7
<u>Figure 2</u> : Disposition des modules sur le campus de l'Enstib.....	8
<u>Figure 3</u> : Equipement de mesure dans les modules.....	8
<u>Figure 4</u> : Station météorologique.....	9
<u>Figure 5</u> : Données brutes du module ACMB.....	9
<u>Figure 6</u> : Schéma de présentation du besoin.....	10
<u>Figure 7</u> : Diagramme pieuvre de l'interface.....	11
<u>Figure 8</u> : Tableaux de présentation des fonctions.....	13
<u>Figure 9</u> : Tableau de caractérisation des fonctions.....	14
<u>Figure 10</u> : Diagramme FAST du projet.....	14
<u>Figure 11</u> : Structure de l'interface.....	16
<u>Figure 12</u> : Fenêtre de sélection de la paroi.....	17
<u>Figure 13</u> : Fenêtre de sélection des capteurs.....	18
<u>Figure 14</u> : Fenêtre récapitulative du choix des capteurs.....	19
<u>Figure 15</u> : Paramétrage de la période et extraction.....	22
<u>Figure 16</u> : Informations de la période d'étude.....	23
<u>Figure 17</u> : Fenêtre de création et d'extraction de graphiques.....	24
<u>Figure 18</u> : Traitement des données météorologiques.....	26
<u>Figure 19</u> : Onglet Menu général.....	28
<u>Figure 20</u> : Menu de la paroi Est.....	29
<u>Figure 20</u> : Exemple de données brutes de la paroi Est.....	30
<u>Figure 21</u> : Onglet « Résultats » de la paroi Est.....	31
<u>Figure 22</u> : Graphiques de la température pour 4 capteurs de la paroi Est.....	32
<u>Figure 23</u> : Emplacement de collage des nouvelles données brutes.....	34
<u>Figure 25</u> : Emplacement de collage des nouvelles dates.....	34

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord les professeurs Eric Mougel et Denise Choffel qui ont été de très bon enseignants encadrants dans le cadre de ce projet de fin d'études, ainsi que dans l'enseignement qu'ils m'ont fourni durant mes années passées à l'Enstib. Ils ont su m'apporter l'aide appropriée pour ce projet, en me faisant profiter de leur expérience et de leurs conseils qui m'ont été d'une grande aide. Leur grande disponibilité m'a permis de me sentir soutenu et encouragé.

Merci à Matthieu Debal de m'avoir aidé à récupérer les données nécessaires à mon travail sur les serveurs de l'école.

Je souhaite également remercier mes camarades de l'Enstib, car en faisant office d'avis extérieurs au projet, ils m'ont aidé à me poser les bonnes questions. C'est également grâce à eux que j'ai pu créer un outil à la fois destiné à des professionnels, mais aussi à un public novice plus large.

Merci à mes amis et à ma famille d'avoir supporté mon emploi du temps qui n'a pas toujours été simple à gérer.

Introduction générale

Les constructions de bâtiments ou leur rénovation doit prendre en compte le risque d'accumulation d'humidité dans les parois, notamment par condensation. La pathologie la plus fréquente qui peut être observée est l'apparition de moisissures. Les parois sont ainsi dégradées plus rapidement, et la qualité de l'air intérieur s'en retrouve également impactée.

Afin d'observer ces phénomènes et d'en comprendre l'apparition, le projet de recherche TRANSBATIBOIS a été entamé à l'Enstib en 2007. Celui-ci se fait notamment à l'aide de modules d'études dans lesquels ont été installés des capteurs permettant la récupération des données de température d'humidité (entre autres) dans les parois. Des comparatifs peuvent donc être fait pour une même paroi pour plusieurs périodes de l'année, mais également au cours d'une même période pour plusieurs modules dont la composition des parois est différente.

L'objectif du projet de fin d'études présenté ici est le développement d'une interface de traitement des valeurs récupérées. En effet, les données brutes que l'on trouve sur les serveurs de stockage sont difficilement exploitables. Il s'agit donc de permettre leur extraction de la base de données et leur traitement par un utilisateur.

La problématique se traduit donc par la question suivante : Quelles méthodes peut-on utiliser afin d'exploiter les données brutes récupérées sur le serveur ?

Afin de répondre à cette problématique, mon temps de travail durant ces 4 mois de projet s'est organisé de la manière suivante :

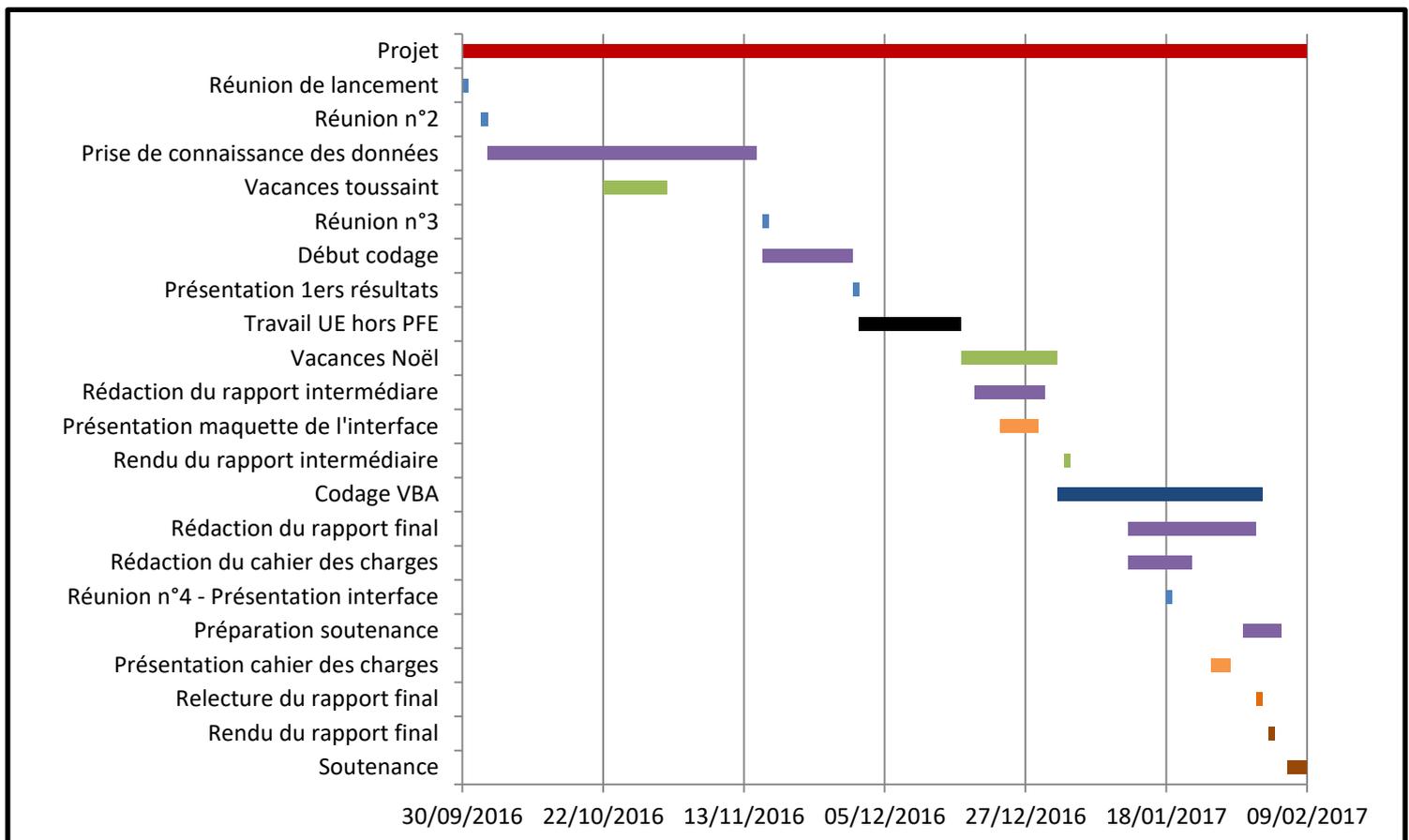


Figure 1 : Diagramme Gantt de planification du projet de fin d'études

Ce diagramme Gantt a été conçu en ajoutant dans l'ordre les éléments suivants :

- Les dates de début et de fin de projet
- Les dates des réunions déjà effectuées au moment de la conception du diagramme
- Les tâches qui devaient encore être réalisées
- Les périodes de vacances

Il a été complété au fur et à mesure de l'avancement du projet, en modifiant certains éléments en fonction de nouvelles difficultés rencontrées, de nouveaux éléments à y rajouter, etc...

I] Cahier des charges

1) Contexte et définition du problème

Le projet d'étude démarré en 2007 a pour principe d'utiliser des modules test placés dans l'enceinte du campus de l'ENSTIB. Ils sont tous de même dimensions (3*3*2.5 m), mais leur système constructif et la composition de leurs parois est différente. Cela a été réalisé afin d'observer la différence d'évolution de certains paramètres (température et humidité, en particulier) au sein de parois différentes.



Figure 2 : Disposition des modules sur le campus de l'Enstib

Dans ces modules ont été implantés des capteurs reliés à une centrale d'acquisition, le but étant d'exploiter ensuite les données récupérées.

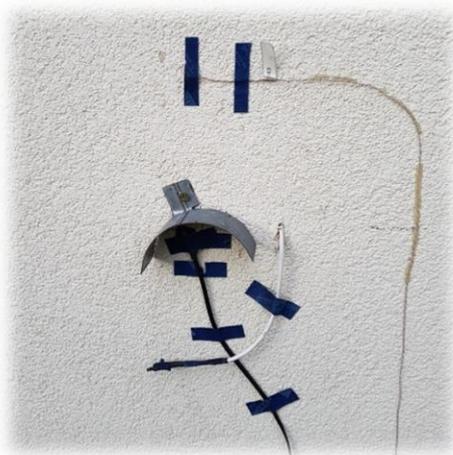


Figure 3 : Equipement de mesure dans les modules

Une station météorologique a également été mise en place à proximité des 6 modules d'études. Celle-ci permet de récupérer des informations concernant les conditions extérieures. Ces données sont importantes car elles permettront de connaître précisément le contexte extérieur lors de l'analyse des données.



Figure 4 : Station météorologique

Les données enregistrées sur les serveurs sont des données brutes et aucun tri ou filtre n'a été réalisé depuis le début du projet d'étude. On ne compte pas moins de 60 capteurs par module, qui envoient chacun deux données (température et humidité) environ toutes les 15 minutes. On se retrouve donc rapidement à devoir gérer une base de données très conséquente. Pour ce travail, les données importées dans un fichier Excel correspondent à la période du 13/04/2011 au 28/03/2016 et s'étendent sur 175 367 lignes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
1	DateMesureFichier	ACMB	Humi	ACMB	Tem	ACMB	CO2	ACMB	CO2	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi	ACMB	Humi
2	12/04/2011	14:15:16	44	0	21596	19.206171	553.93664	0	51.52269	51.36312	0	0	47.352493	53.98364	54.88825	0	55.905592	58.811306	57.027042	55.622478	51.241112	50.852913	0	50.522297	47.287815
3	12/04/2011	14:30:16	44	0	21615	19.206171	550.449156	0	51.52269	51.30582	0	0	45.520275	54.228651	54.20488	0	55.996848	58.861572	57.030079	55.623959	51.304863	50.820205	0	48.370209	45.456905
4	12/04/2011	14:45:16	44	0	21845	0	0	548.8302	51.481135	51.288573	0	0	44.038273	54.384888	55.062439	0	56.102482	58.884712	57.028561	55.986178	51.308232	50.885517	0	47.582889	45.239853
5	12/04/2011	15:00:16	45	0	21713	0	0	618.621399	51.083607	50.743034	0	0	44.495075	54.556889	55.246273	0	56.240917	58.963156	57.031112	55.565437	51.242477	50.842426	0	47.542191	45.61058
6	12/04/2011	15:15:16	46	0	21818	0	0	701.131531	50.097813	49.628957	0	0	45.937435	54.618741	55.392223	0	56.380878	58.968643	57.001026	55.565437	51.208549	50.874688	0	48.089333	45.030125
7	12/04/2011	15:30:16	47	0	21885	0	0	720.803847	49.714279	49.373619	0	0	47.133247	54.545166	55.392769	0	56.456898	58.975929	57.002541	55.565437	51.113579	50.752392	0	49.097469	49.109737
8	12/04/2011	15:45:16	48	0	21953	0	0	657.045471	49.393547	49.378945	0	0	49.002926	54.473866	55.261051	0	56.522373	59.009342	57.007092	55.596178	51.022663	50.562119	0	50.807045	49.552693
9	12/04/2011	16:00:16	48	0	22000	0	0	602.431274	50.361702	50.208149	0	0	48.382477	54.438725	55.147175	0	56.456898	59.014061	56.978031	55.596178	50.829876	50.42625	0	51.473747	49.078661
10	12/04/2011	16:15:16	49	0	22058	0	0	588.547485	50.359013	50.232697	0	0	47.801872	54.581155	55.161514	0	56.450867	59.013489	56.979546	55.654609	50.729393	50.418182	0	49.305687	51.30006
11	12/04/2011	16:30:16	49	0	22104	0	0	566.899292	50.482586	50.325055	0	0	50.509155	54.542305	55.155609	0	56.415871	58.986848	56.945938	55.620998	50.662857	50.350256	0	50.760555	51.79515
12	12/04/2011	16:45:16	49	0	22163	0	0	558.239624	50.603401	50.418783	0	0	52.209703	54.446049	55.073841	0	56.409843	58.945663	56.912327	55.615082	50.579764	50.252396	0	53.16879	54.249704
13	12/04/2011	17:00:16	49	0	22222	0	0	553.681238	50.253204	50.225886	0	0	52.119911	54.440178	54.586214	0	56.335346	58.975929	56.938366	55.675573	50.464565	50.183128	0	53.747051	55.594608
14	12/04/2011	17:15:16	49	0	22284	0	0	561.503723	50.408016	50.168012	0	0	53.344334	54.376045	54.886828	0	56.289225	58.909107	56.87418	55.667852	50.368092	50.051281	0	54.189565	56.118109
15	12/04/2011	17:30:16	49	0	22352	0	0	558.871643	50.466758	50.220623	0	0	54.148038	54.272648	54.470786	0	56.212357	58.840717	56.840576	55.632492	50.267578	49.919418	0	55.212955	57.636169
16	12/04/2011	17:45:16	49	0	22412	0	0	559.595459	50.370064	50.216595	0	0	54.969918	54.198414	54.633748	0	56.098442	58.772331	56.802433	55.598812	50.138458	49.822834	0	55.530987	57.607754
17	12/04/2011	18:00:16	49	0	22472	0	0	562.951294	50.367971	50.21257	0	0	55.639565	54.192524	54.557533	0	55.986073	58.702381	56.765808	55.594372	50.07188	49.72576	0	56.471241	57.836716
18	12/04/2011	18:15:16	49	0	22554	0	0	563.740845	50.299549	50.179993	0	0	56.547882	54.192425	54.531117	0	55.902695	58.632439	56.729187	55.591415	50.090963	49.656067	0	57.078187	59.106167
19	12/04/2011	18:30:16	50	0	22624	0	0	561.37207	50.266979	50.21257	0	0	56.743807	54.202496	54.480175	0	55.822346	58.56094	56.663494	55.586975	49.904307	49.594307	0	58.83263	58.241962
20	12/04/2011	18:45:16	50	0	22697	0	0	554.002502	50.292828	50.082245	0	0	55.964081	54.186455	54.462605	0	55.802091	58.487888	56.659556	55.521107	49.907421	49.497665	0	56.957104	58.107327
21	12/04/2011	19:00:16	50	0	22758	0	0	562.030029	50.185245	49.91239	0	0	55.858295	54.203789	54.478438	0	55.724106	58.417989	56.887254	55.425987	49.80887	49.428383	0	56.388331	57.584194
22	12/04/2011	19:15:16	50	0	22831	0	0	555.779053	50.010494	49.82151	0	0	55.666198	54.15588	54.411862	0	55.680213	58.116218	56.549141	55.360107	49.738945	49.363064	0	56.461433	57.562063
23	12/04/2011	19:30:16	50	0	22904	0	0	562.584588	50.001019	49.891109	0	0	55.551701	54.183848	54.414285	0	55.618812	58.785992	56.48045	55.323483	49.878678	49.281785	0	54.845859	57.248448
24	12/04/2011	19:45:16	51	0	22977	0	0	569.920886	49.900616	49.823241	0	0	55.822845	54.139584	54.39526	0	55.589519	58.205139	56.445351	55.254662	49.605747	49.271442	0	53.680656	57.396877
25	12/04/2011	20:00:16	53	0	23061	0	0	561.174683	49.643804	49.640194	0	0	55.887214	54.07799	54.309505	0	55.542725	58.198925	56.376663	55.187309	49.337823	49.15218	0	53.73897	58.117074
26	12/04/2011	20:30:16	55	0	23257	0	0	565.78064	49.602005	49.35442	0	0	57.987141	53.972228	54.10041	0	55.380882	58.022675	56.268984	55.057007	49.433289	49.024567	0	55.299888	60.376526
27	12/04/2011	20:45:16	57	0	23353	0	0	570.452515	49.630615	49.411709	0	0	58.252825	53.927143	54.035004	0	55.294804	57.945065	56.228813	54.988186	49.426682	48.952926	0	55.645996	60.372082
28	12/04/2011	21:00:16	58	0	23438	0	0	579.532898	49.565434	49.470299	0	0	59.012859	53.919567	54.240508	0	55.208771	57.870571	54.922255	54.922255	49.390079	48.887333	0	56.029793	61.749352
29	12/04/2011	21:15:16	59	0	23548	0	0	593.943115	49.466328	49.465	0	0	58.806664	53.851345	53.820435	0	55.124284	57.796093	56.088998	54.825445	49.294488	48.820679	0	55.522497	61.399574
30	12/04/2011	21:30:16	60	0	23652	0	0	609.011353	49.399807	49.431084	0	0	59.054447	53.777336	53.723358	0	55.007931	57.688808	56.015558	54.72752	49.255573	48.722645	0	55.913048	60.830967
31	12/04/2011	21:45:16	62	0	23755	0	0	599.996765	49.293566	49.330647	0	0	60.053566	53.696095	53.624993	0	54.920547	57.833546	55.946709	54.629387	49.18766	48.652073	0	56.312125	62.052333
32	12/04/2011	22:00:16	63	0	23876	0	0	614.60437	49.200233	49.260166	0	0	61.371149	53.648045	53.494709	0	54.798416	57.566642	54.529793	49.131073	48.61158	48.61158	0	55.930099	63.420815
33	12/04/2011	22:15:16	64	0	23976	0	0	618.420776	49.131073	49.192329	0	0	60.445389	53.628742	53.422319	0	54.679392	57.396744	55.774357	54.831644	49.114491	48.579001	0	55.20034	61.623726
34	12/04/2011	22:30:16	66	0	24102	0	0	626.185242	49.035873	49.063229	0	0	61.370037	53.554809	53.264603	0	54.528427	57.261795	55.642028	54.779346	49.040681	48.472664	0	55.819077	61.031045
35	12/04/2011	22:45:16	67	0	24236	0	0	613.025208	48.995384	48.994668	0	0	61.910051	53.485386	53.198559	0	54.448859	57.15285	55.539323	54.775163	49.008694	48.490006	0	56.445667	63.540745
36	12/04/2011	23:00:16	69	0	24351	0	0	604.865906	48.997545	48.924915	0	0	62.06678	53.506721	53.103352	0	54.315006	57.043291	55.467113	54.044716	49.078006	48.338459	0	55.645932	62.58144
37	12/04/2011	23:15:16	71	0	24486	0	0	608.811965	48.858383	48.818158	0	0	61.535815	53.496608	53.017041	0									

Un utilisateur souhaitant exploiter ces données est donc confronté à une tâche ardue s'il doit les traiter manuellement, puisque cela l'obligerait à parcourir le fichier afin de trouver dans un premier temps les parties qui l'intéressent, avant de pouvoir les extraire dans un second temps. Le classeur Excel de base dans lequel ont été récupérées les informations d'un module en particulier, n'est composé que d'un seul onglet, et un nouvel utilisateur prendra un temps d'adaptation non négligeable avant de pouvoir obtenir ce qu'il souhaite.

2) Objectifs

Il s'agit de mettre en place un outil qui permettra la sélection et l'extraction rapide des données, selon plusieurs critères définis par l'utilisateur :

- La paroi dans le module
- Les capteurs dans la paroi
- La période d'étude

Le besoin primaire de l'utilisateur se définit par le fait de pouvoir extraire les données dans un fichier sans avoir la nécessité d'être un spécialiste d'Excel. Compte tenu de la quantité de données, des manipulations manuelles sous Excel sont bien plus chronophage qu'un traitement automatisé.

Une fois cette extraction réalisée, le besoin secondaire sera de pouvoir traiter et exploiter sans difficultés les données récupérées, c'est-à-dire en s'appuyant sur des outils simples et efficaces.

3) Périmètre du projet

L'outil mis en place dans ce projet pourra servir de support de travail à des professionnels intéressés autant par la thermique que l'analyse de données, tels que des enseignants-chercheurs de l'Enstib ou d'autres laboratoires

L'interface réalisée se fera de préférence à l'aide de l'outil Visual basic disponible sur Excel. En effet, celui-ci permet d'une part de mettre en place des macros qui agiront sur des données stockées dans des feuilles Excel, et d'autre part de naviguer dans une interface entièrement personnalisée. Les attentes de l'utilisateur pourront ainsi au mieux être respectées.

4) Description fonctionnelle

a. Définition du besoin

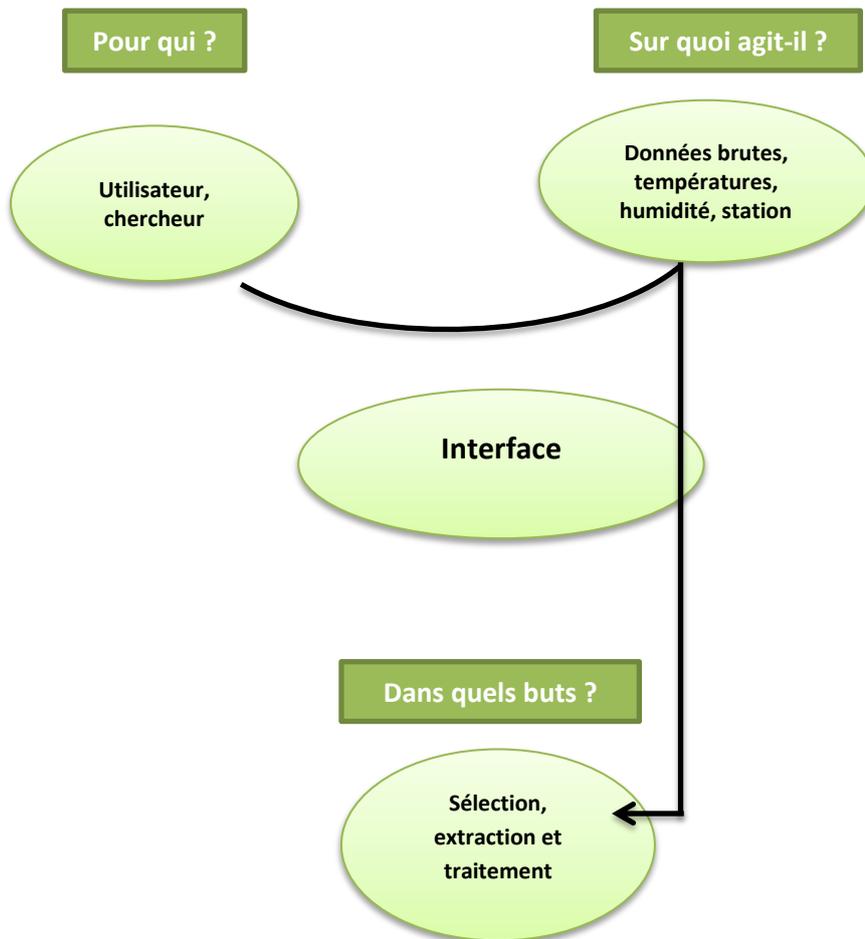
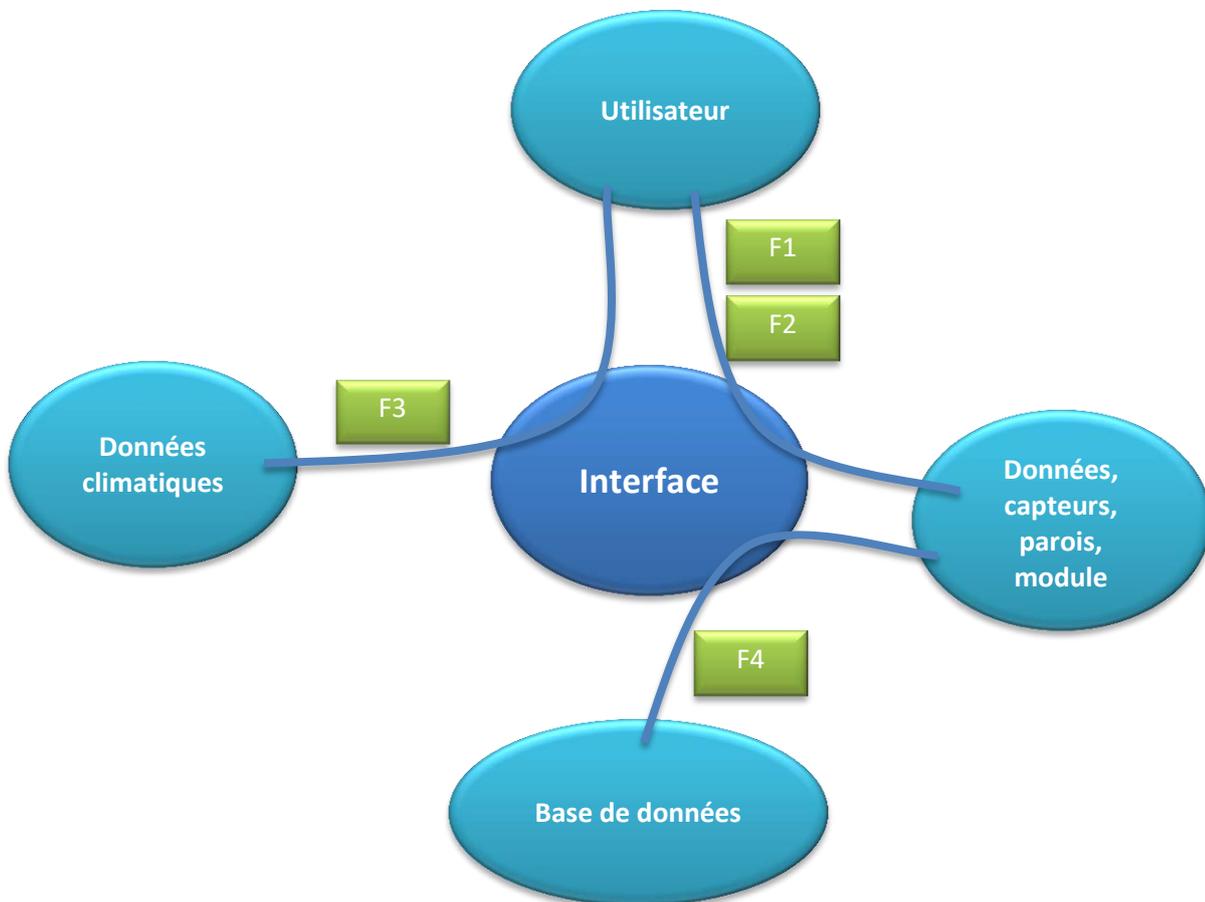


Figure 6 : Schéma de présentation du besoin

b. Diagramme pieuvre

Fonction 1 : L'interface doit permettre à l'utilisateur d'extraire les données d'un module

Fonction 2 : L'interface doit permettre à l'utilisateur de traiter les données d'un module

Fonction 3 : L'interface doit permettre à l'utilisateur de visualiser les données climatiques

Fonction 4 : L'interface doit avoir une base de données adaptable à d'autres modules

Figure 7 : Diagramme pieuvre de l'interface

c. Description des fonctions

Les fonctions que réalisera l'interface de traitement sont intimement liées aux besoins de son utilisateur.

Fonction 1 : Extraction des données d'un module	
Objectif	Récupérer les données selon les critères définis par l'utilisateur
Description	L'interface demandera à l'utilisateur d'entrer des informations afin de préciser sa recherche. Les critères demandés seront : la paroi du module, les capteurs dans la paroi, la période d'étude.
Contraintes	Il est nécessaire de mettre à jour la base de données si l'on souhaite étudier des périodes plus récentes. Aucun filtre n'a été appliqué sur les données extraites.
Niveau de priorité	Elevée

Fonction 2 : Traitement des données	
Objectif	Exploiter les données sélectionnées par l'interface suite aux choix de l'utilisateur
Description	A l'aide d'outils (Exemple : Graphiques) mis à disposition de l'utilisateur, celui-ci peut réaliser une analyse rapide des données
Contraintes	Les valeurs étudiées peuvent contenir des valeurs aberrantes
Niveau de priorité	Elevée

Fonction 3 : Exploitation des données climatiques	
Objectif	Connaitre les conditions extérieures lors de l'étude d'un module.
Description	Une partie de l'interface est spécifique à la récupération et au traitement des données météorologiques récupérées par la station météo
Contraintes	Des manipulations supplémentaires doivent être effectuées par l'utilisateur pour accéder aux données météorologiques
Niveau de priorité	Elevée

Fonction 4 : Adaptabilité à tous les modules	
Objectif	L'interface réalisée doit permettre d'étudier les valeurs de plusieurs modules
Description	La base de données utilisée par l'interface pourra être modifiée, ce qui rendra cette dernière adaptable à différents projets d'études
Contraintes	Un travail de remplacement des données d'un module par celles d'un autre module doit être réalisé par l'utilisateur, en suivant un protocole précis. Une erreur durant cette manipulation pourrait fausser les résultats obtenus par la suite
Niveau de priorité	Moyenne

Figure 8 : Tableaux de présentation des fonctions

d. Caractérisation des fonctions

Critères	Niveau	Flexibilité
Fonction 1 : Extraction des données d'un module		
Choix paroi	Nord-Ouest-Sud-Est	0
Choix capteurs	Possibilités selon nombre de capteurs par paroi	0
Choix période	Parmi toutes les dates d'enregistrement dans la base de données	0
Extraction	Dans une feuille Excel	0
Fonction 2 : Traitement des données		
Visualiser température	oui	0
Visualiser humidité	oui	0
Extraction	Dans une feuille Excel	0
Fonction 3 : Exploitation des données climatiques		
Visualiser température	oui	0
Visualiser humidité	oui	0
Direction et vitesse du vent	oui	1
Extraction	Dans une feuille Excel	0
Fonction 4 : Adaptabilité à tous les modules		
Base de données modifiable	oui	1

Figure 9 : Tableau de caractérisation des fonctions

e. Diagramme FAST

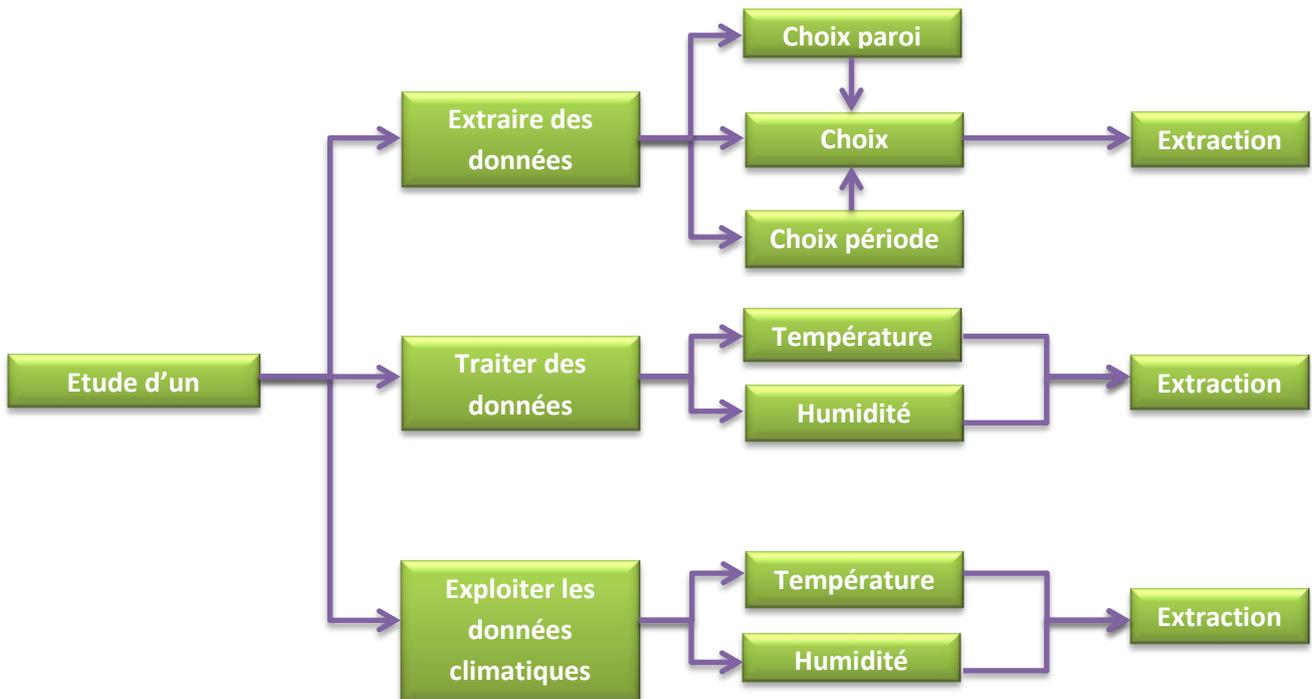


Figure 10 : Diagramme FAST du projet

Conclusion :

Dans un contexte d'étude, il est nécessaire pour l'utilisateur d'avoir à disposition des outils adaptés qui lui permettent d'être plus efficient. C'est à partir de ce constat qu'est né le besoin auquel répond ce projet.

A l'aide de fonctions spécifiques, cette interface d'acquisition permet l'extraction et le traitement rapide de données choisies par l'utilisateur parmi une base de données conséquente. Les données climatiques sont également prises en comptes, ainsi que la possibilité d'adapter cet outil à plusieurs modules. Par conséquent, l'interface est pérenne et peut être utilisée par différents utilisateurs et pour différents projets.

Un tel outil de traitement possède toutefois des limites, tel que le temps de calcul qui dépend de la quantité de données traitées et qui peut donc être assez long pour certaines acquisitions. La manière de coder l'interface est aussi un facteur déterminant dans temps de calcul final, et aura une influence sur l'ergonomie générale. Les choix que devra effectuer l'utilisateur devront être clairs et s'effectuer de manière simple. Il s'agit donc, lors de sa conception, de trouver un compromis entre simplicité et efficacité. Cela la rendra utile pour des professionnels, en étant à la fois accessible par tous.

II] Utilisation de l'interface

1) Structure du logiciel

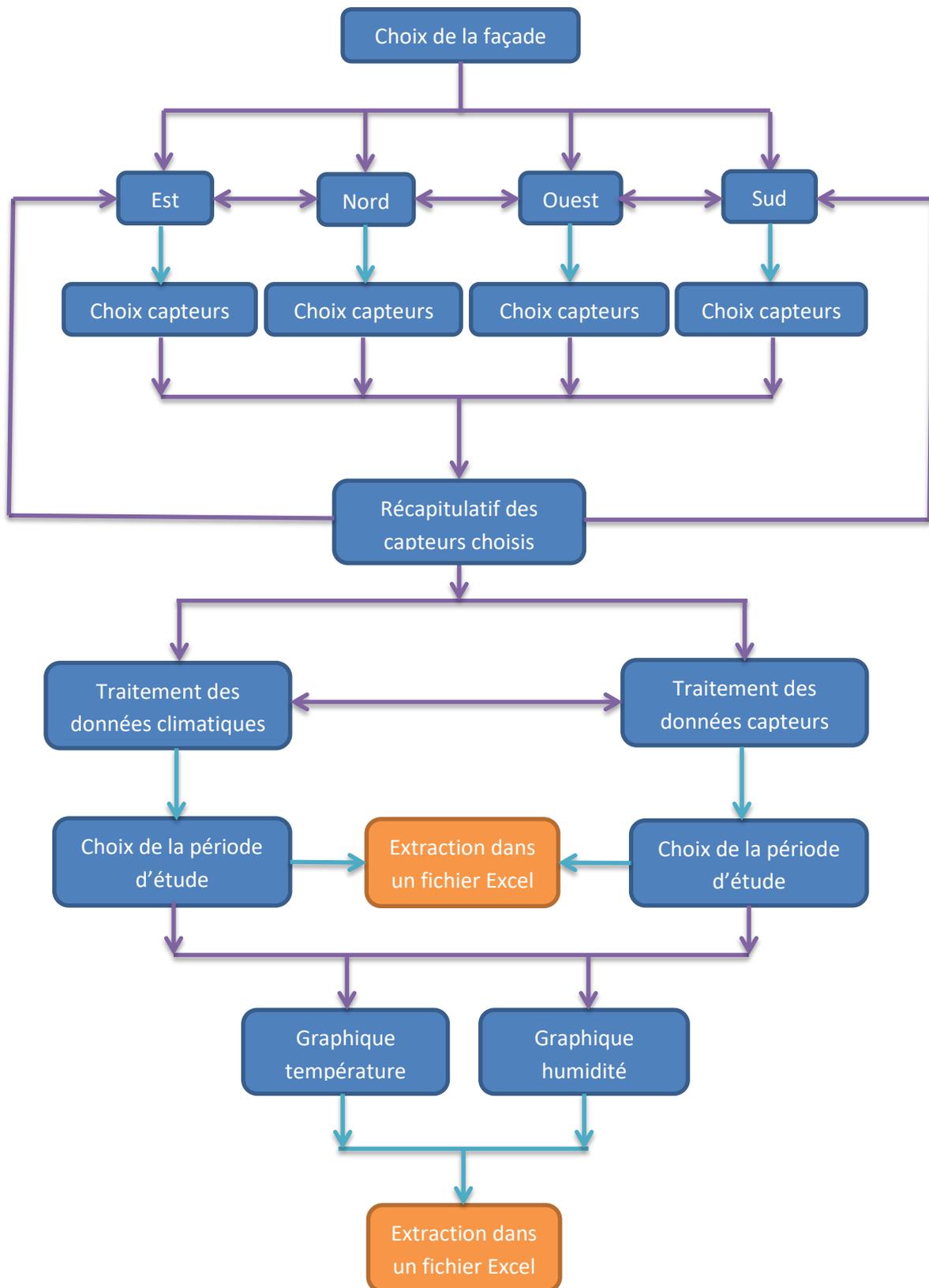


Figure 11 : Structure de l'interface

2) Sélection de la paroi

C'est la première fenêtre à s'ouvrir lorsque l'utilisateur commence à utiliser l'interface. Il a alors la possibilité de choisir entre les 4 parois des modules, qui se distinguent par leur orientation en fonction des points cardinaux.

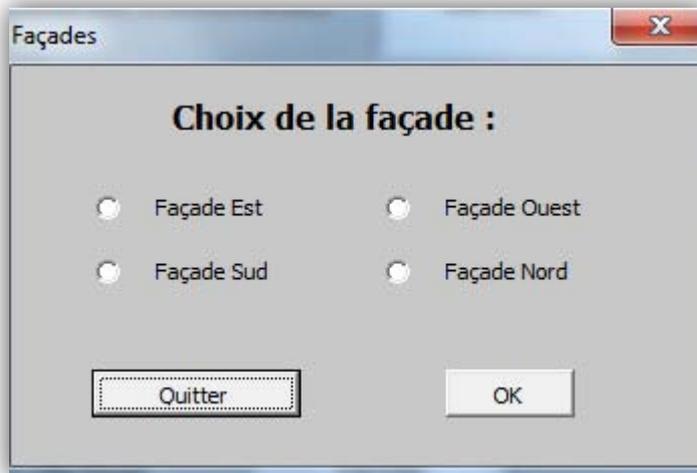


Figure 12 : Fenêtre de sélection de la paroi

Dans le langage Visual Basic, on appelle ce type de fenêtre une « userform ». Ce sont des fenêtres personnalisables qui permettent à l'utilisateur d'interagir à l'aide des programmes qui ont été écrit par le concepteur de l'interface.

a) Initialisation

Dans notre cas, lorsque la première userform nommée « Façades » s'initialise, c'est-à-dire lorsqu'elle est ouverte pour la première fois, le code qui y a été intégré génère des actions de prétraitement. En effet, les choses suivantes se produisent :

- Les onglets ayant conservés les recherches précédentes sont nettoyés. Cela inclut les onglets dans lesquels sont stockées les valeurs des capteurs sélectionnés et les résultats suite au choix de la période. Ce nettoyage est effectué pour les 4 parois ainsi que pour les données météorologiques. Le but de cette opération est de pouvoir effectuer une nouvelle recherche sans y inclure les valeurs obtenues lors des recherches effectuées auparavant. Si cela n'était pas fait, l'utilisateur aurait à gérer des valeurs qu'il ne souhaitait pas récupérer, et le temps de calcul de l'interface s'en retrouverait également inutilement allongé.

On notera que si on lance l'acquisition depuis un bouton de commande présent dans le menu, pour une paroi donnée, exactement les mêmes opérations auront lieu, sauf que le code les générant est une macro qui a été affecté au bouton de commande.

- Tous les onglets, mise à part celui du menu seront cacher, afin de ne pas encombrer le fichier Excel.

b) Utilisation

Il n'est possible de cocher qu'une seule case à la fois, la sélection se limitant ainsi à une seule paroi. En validant le choix avec le bouton de commande « Ok », l'interface passe à la fenêtre suivante en fonction du choix de l'utilisateur.

En cliquant sur « Quitter », l'interface se ferme, et l'utilisateur est redirigé vers le menu.

3) Sélection des capteurs

Une userform s'ouvre selon le choix de la paroi effectué précédemment. Sur celle-ci se trouve une image d'une coupe de la paroi en question. On y voit ses différents composants, et l'emplacement des capteurs.

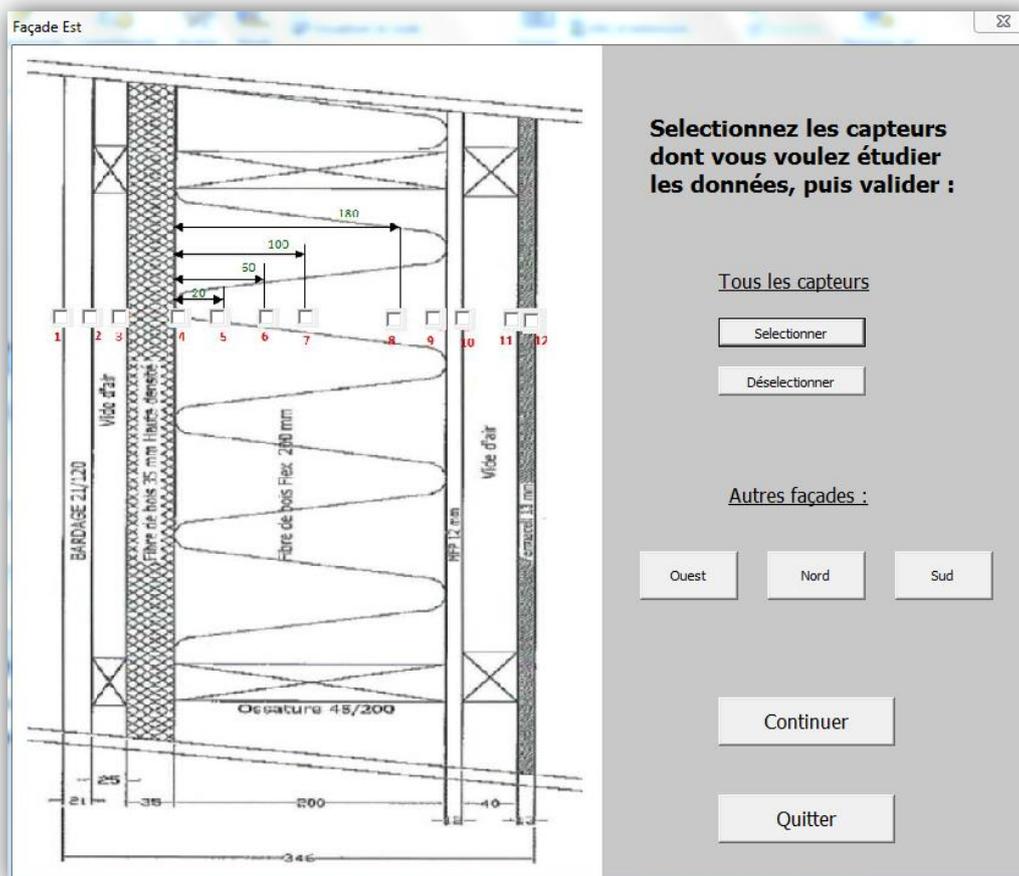


Figure 13 : Fenêtre de sélection des capteurs

a) Initialisation

Le code génère l'affichage dans la barre d'onglets de tous ceux contenant les données brutes des capteurs se trouvant dans la paroi choisie.

b) Utilisation

Le choix des capteurs s'effectue en cochant les cases correspondantes. Ils peuvent tous être sélectionnés ou désélectionnés simultanément à l'aide des boutons associés.

Le bouton « Continuer » permet le passage à la fenêtre suivante et déclenche plusieurs actions :

- Le nom de chaque capteur sélectionné s'affiche dans une zone de texte que l'on retrouvera dans la fenêtre suivante.
- Les données brutes des capteurs sélectionnées sont tous envoyés dans l'onglet « Valeurs » de la paroi correspondantes, après que celle-ci ait été rendue visible. On y trouvera ainsi pour chaque capteur : La date, l'heure, la température et l'humidité.
- Les valeurs numériques des dates sont insérées dans la première colonne. En effet, le logiciel Excel attribue une valeur numérique à chaque date. Ces valeurs seront utilisées ultérieurement pour isoler la période qui intéresse l'utilisateur.
- Le format des cellules contenant les valeurs de température et d'humidité est modifié afin de n'avoir que 3 chiffres significatifs, rendant ainsi leur lecture plus facile.
- Les points sont remplacés par des virgules, l'objectif étant de pouvoir représenter ces données dans des graphiques. Cette opération est nécessaire car Excel ne peut pas créer des graphiques exploitables si la plage de données contient des points.
- Les onglets contenant les données brutes sont cachés.
- Une fenêtre contenant un message disant que les capteurs ont bien été sélectionnés apparaît.
- La fenêtre suivante intitulée « Récapitulatif » s'ouvre.

Les boutons portant le nom des points cardinaux indiquant la direction des autres façades effectuent exactement les mêmes opérations, à l'exception qu'ils renvoient vers les userform gérant les capteurs des autres parois.

Le bouton « Quitter » cache les onglets ouverts lors de l'initialisation et ferme l'interface.

4) Récapitulatif des choix

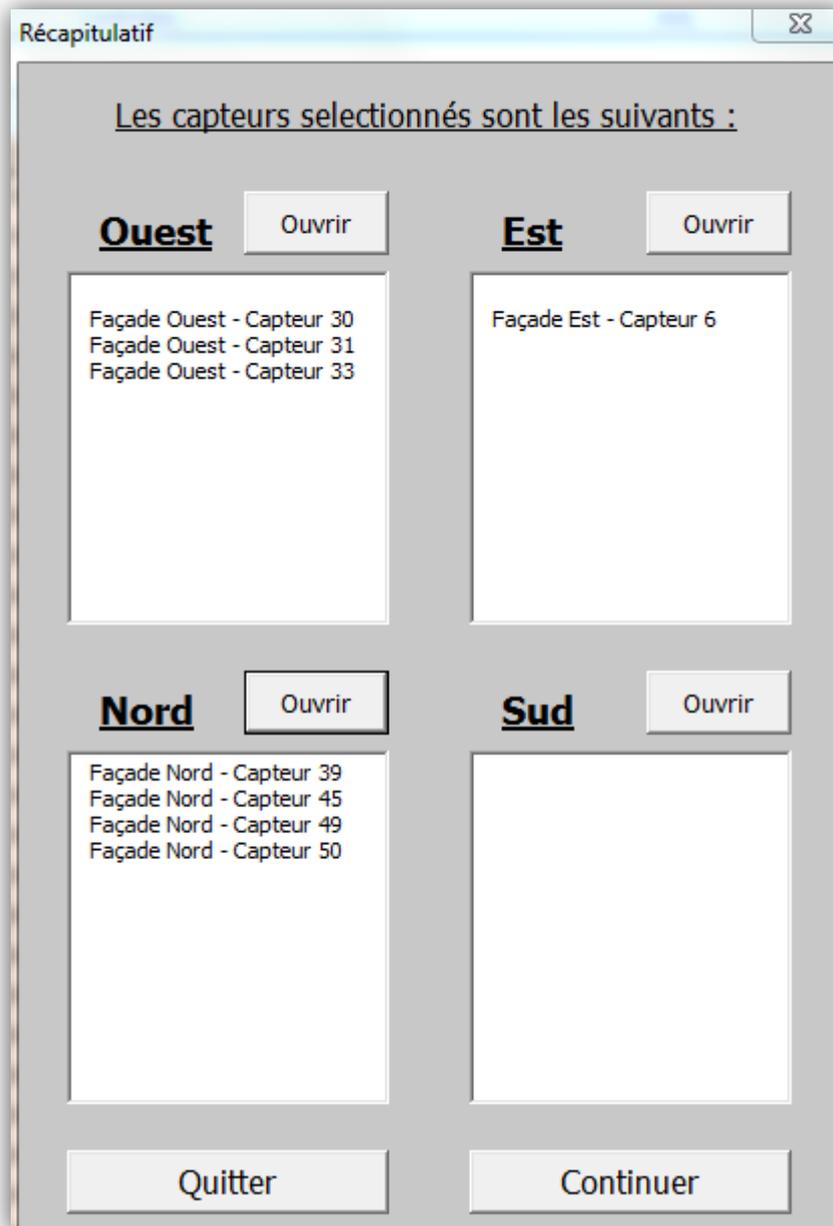


Figure 14 : Fenêtre récapitulative du choix des capteurs

a) Initialisation

Il ne se passe rien de particulier lors de l'ouverture de cette fenêtre. L'utilisateur peut voir rapidement l'ensemble des capteurs qu'il a sélectionné. Le code gérant cet affichage a été affecté aux boutons de validation présents dans les userform précédentes.

b) Utilisation

A partir de cette fenêtre, on peut retourner sur l'une des 4 userform précédentes relatives aux 4 parois du module. On peut ainsi modifier sa sélection si elle ne convient pas, en rajoutant ou en supprimant des capteurs parmi ceux déjà sélectionnés. Cliquer sur l'un des 4 boutons « Ouvrir » aura donc pour conséquence un retour en arrière, et les onglets contenant les données s'afficheront à nouveau.

L'utilisateur peut également décider de quitter l'interface ou de continuer sa progression vers la fenêtre de paramétrage.

5) Période d'étude

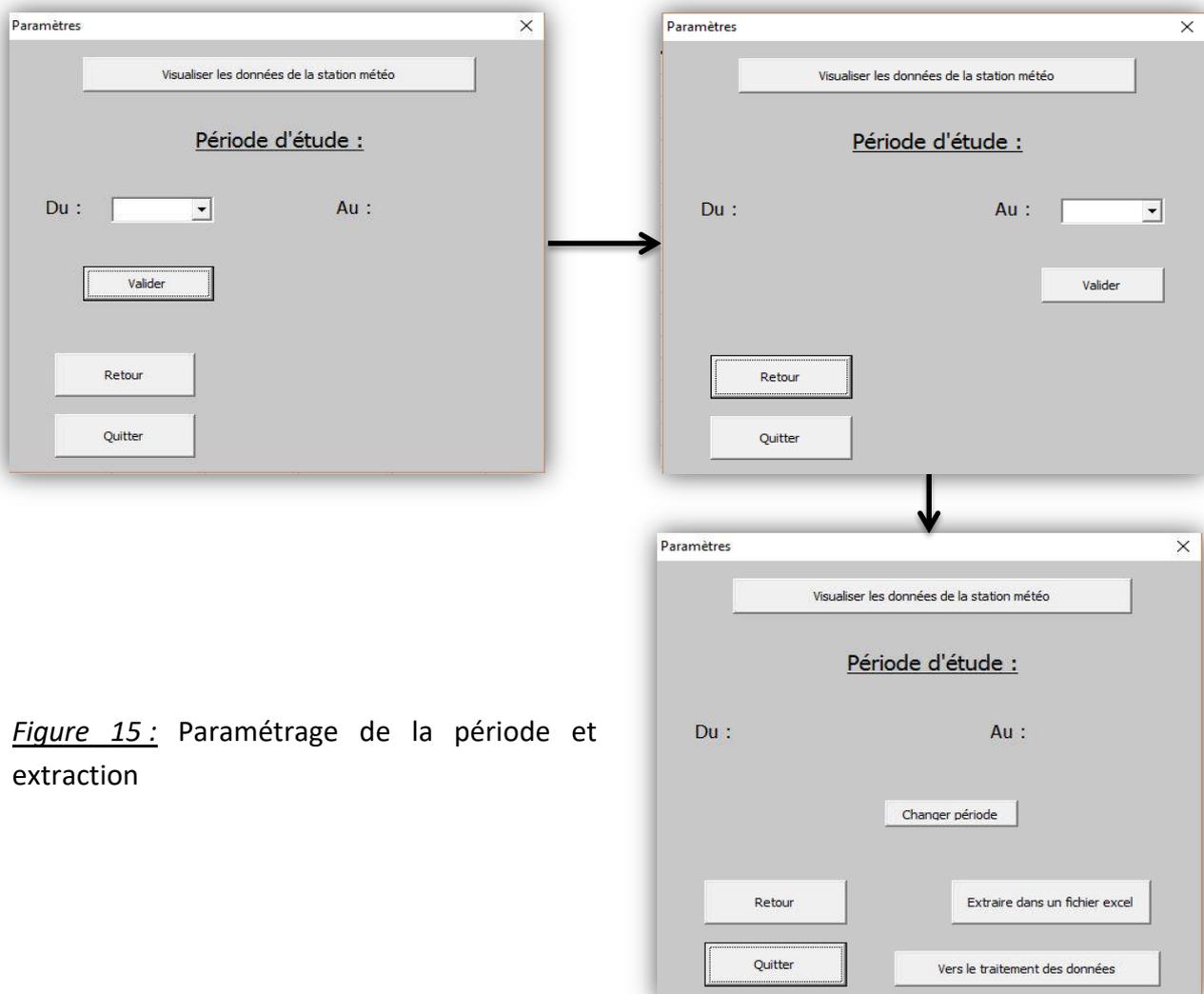


Figure 15 : Paramétrage de la période et extraction

a) Initialisation

La première chose qui se produit est le remplissage de la liste déroulante par toutes les dates pour lesquelles on dispose de données. Le code a été écrit de telle manière que si un jour, on rajoute dans le fichier des données à celles déjà présentes, les dates correspondantes se retrouveront automatiquement dans la liste déroulante. En effet, cette liste se remplit à l'aide des informations présentes dans l'onglet « Dates » (qui sera alors visible), allant de la première donnée jusqu'à la dernière. Il suffira donc ultérieurement de rajouter les nouvelles dates à la suite de celles déjà présentes pour qu'elles soient prises en compte.

b) Utilisation

- Choix des dates :

Une fois que l'utilisateur a sélectionné dans la liste une date de début pour la période d'étude, il peut valider son choix et cela provoque alors l'apparition du choix de la date de fin (et la disparition du choix de la date de début). Une des spécificités du programme mis en place est que toutes les dates apparaissant dans la deuxième liste déroulante seront postérieures à celle choisie dans la première liste. Cela évite l'éventuelle erreur d'un choix de date de fin antérieure à la date de début.

Les deux dates sélectionnées sont alors stockées dans deux cellules distinctes dans l'onglet « Dates ». Ces cellules seront utilisées plus tard par le code afin d'établir la période d'étude. C'est dans ce but qu'est associée automatiquement leur valeur numérique à ces dates grâce à la fonction « RechercheV », qui permet de retrouver une valeur associée à une autre dans une plage de données spécifiée.

On notera également que l'utilisateur peut entrer lui-même une date dans le champ dédié à cela, en respectant le format JJ/MM/AAAA. Si la date entrée n'est pas disponible dans la liste ou si le format n'est pas respecté, un message d'erreur apparaît.

Une fois les dates sélectionnées, il est possible de modifier son choix en utilisant le bouton « Changer période ». On revient alors au même état que lors de l'initialisation de la fenêtre.

- Validation de la période :

Lorsque l'utilisateur valide le choix de la date de fin, l'interface traitera les données des 4 parois en fonction des informations dont elle dispose. Les actions suivantes seront effectuées :

- La durée de l'étude est calculée en jours

- La période d'étude est affichée dans l'onglet « dates », après qu'une éventuelle période utilisée précédemment ait été supprimé par le code. Cela s'effectue à l'aide d'une variable contenant le numéro de la ligne de la date de début. En effet, en additionnant la durée à la valeur de cette variable, on connaît le numéro de ligne de la date de fin et on peut isoler la période d'étude.

L'onglet « Dates » ressemblera donc à l'exemple ci-dessous :

Date de début	Date de fin	Durée	Période d'étude
15/04/2011	20/04/2011	5	15/04/2011
40648	40653		16/04/2011
			17/04/2011
			18/04/2011
			19/04/2011
			20/04/2011

Figure 16 : Informations de la période d'étude

- Pour les 4 parois, une variable stocke le numéro de la première ligne contenant la date de début dans l'onglet « Valeurs » de la façade correspondante, et une autre contient le numéro de la dernière ligne contenant la date de fin. En une journée, une multitude de données ont été prélevées, c'est pourquoi, pour une date donnée, il y a plusieurs lignes de valeurs. La différence se fait par l'heure à laquelle a été réalisée la mesure.

A l'aide de ces deux variables, les valeurs se situant dans la période d'étude peuvent être copiées, puis collées dans l'onglet « Résultats ».

On remarque alors que le temps de traitement de l'interface dépend des deux facteurs suivant : Le nombre de capteurs sélectionnés, et la durée de la période d'étude. Plus ces deux paramètres sont grands, plus le traitement sera long.

- Extraction des données

Une fois la période validée, un bouton « Extraction dans un fichier Excel » apparaît. Ce dernier est responsable de l'ouverture d'un nouveau fichier Excel nommé « Valeurs », dans lequel seront extraites les données obtenues pour les 4 parois.

La méthode est un copiage de données présentes dans les onglets « Résultats » des 4 façades, puis un collage dans le nouveau fichier Excel. Chaque paroi dispose alors de son propre onglet.

L'interface repère automatiquement si des données doivent être extraites. Ce contrôle est effectué grâce à une fonction « SI », qui vérifie si les fenêtres de texte présentes dans la userform « Récapitulatif » contiennent du texte. Si c'est le cas, cela veut dire que des données ont été générées dans l'onglet « Résultats » correspondant et qu'une extraction est nécessaire. Si ce n'est pas le cas, aucune extraction ne peut avoir lieu et un message s'affiche. Dans le cas où aucun capteur n'est sélectionné, le nouveau fichier Excel qui s'ouvre est vierge. L'utilisateur peut alors travailler à sa guise sur le fichier qui vient de s'ouvrir.

Il est important de ne pas modifier le nom du fichier Excel dans lequel se trouve l'interface. Dans le cas contraire, l'extraction ne pourrait pas se réaliser et le programme s'interromprait.

Trois autres boutons sont disponibles, l'un permettant de revenir à la fenêtre précédente, l'autre de continuer sa navigation dans l'interface, et le dernier d'arrêter ici l'acquisition des données.

6) Graphiques

Une fois les données filtrées, extraites ou non, il est possible de les visualiser à l'aide de graphiques.

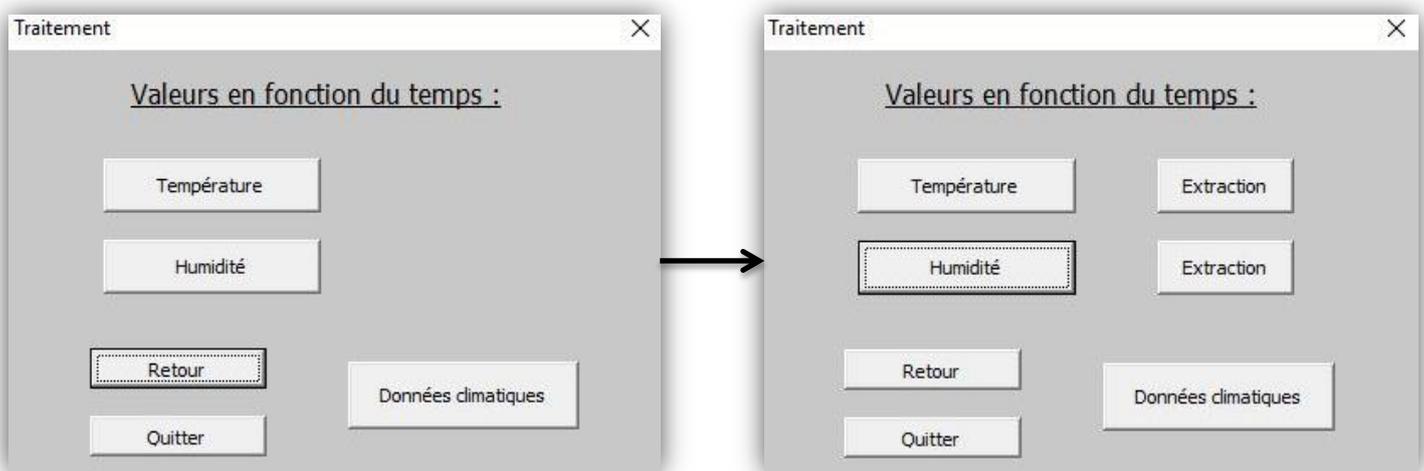


Figure 17 : Fenêtre de création et d'extraction de graphiques

a) Initialisation

Lors de l'ouverture de cette userform, les onglets qui contiendront les graphiques de température et d'humidité sont maintenant visibles dans le fichier Excel.

b) Utilisation

- Dans un premier temps, l'utilisateur peut faire apparaître les graphiques de température et d'humidité en fonction du temps qui seront réalisés pour chaque paroi avec toutes les valeurs disponibles sur la période d'étude.

Le code utilisé utilise des variables et une boucle qui génère un graphique pour chaque capteur. L'acquisition est la même pour les deux types de graphiques, à l'exception de la plage de données utilisée pour la création des graphiques.

Les graphiques sont alors disposés dans l'onglet correspondant - qui aura au préalable été nettoyé automatiquement, ce qui signifie que s'il y avait d'anciens graphiques, ils ont été supprimés - en respectant un écart entre eux afin de rendre l'ensemble plus lisible. Au-dessus de chacun d'entre eux se trouve un intitulé qui indique de quel type de graphique et s'agit et pour quel capteur. C'est alors à l'utilisateur de personnaliser les graphiques à sa guise en leur ajoutant un titre, en modifiant la couleur, en rendant l'axe des abscisses plus lisible, etc...

- Dans un second temps, une extraction peut être réalisée, indépendante pour chaque type de graphique. Elle se déroule exactement de la même manière que précédemment, c'est-à-dire que l'on copie les graphiques pour les coller dans une nouvelle feuille Excel qui s'ouvre. Le travail peut alors s'effectuer sur ce fichier, indépendamment de l'interface.

Une fois ces deux opérations réalisées, l'utilisateur peut quitter l'interface ou revenir en arrière pour modifier des paramètres et lancer une nouvelle acquisition.

Il peut cependant décider également d'ouvrir la fenêtre permettant de traiter les données climatiques à l'aide du bouton dédié, un choix qu'il peut aussi faire sur la userform « Paramètres » puisqu'un bouton « Visualiser les données de la station météo » y est disponible. Il existe donc 2 moments auxquels le manipulateur de l'interface peut s'intéresser aux données météorologiques, en milieu d'acquisition et à la fin de cette dernière. Ces données lui permettent de connaître les conditions extérieures à certaines périodes et peuvent influencer ses choix dans l'acquisition qu'il effectuera.

7) Données climatiques

La fenêtre dédiée aux données climatiques a été conçue de la même manière que celles vu précédemment.

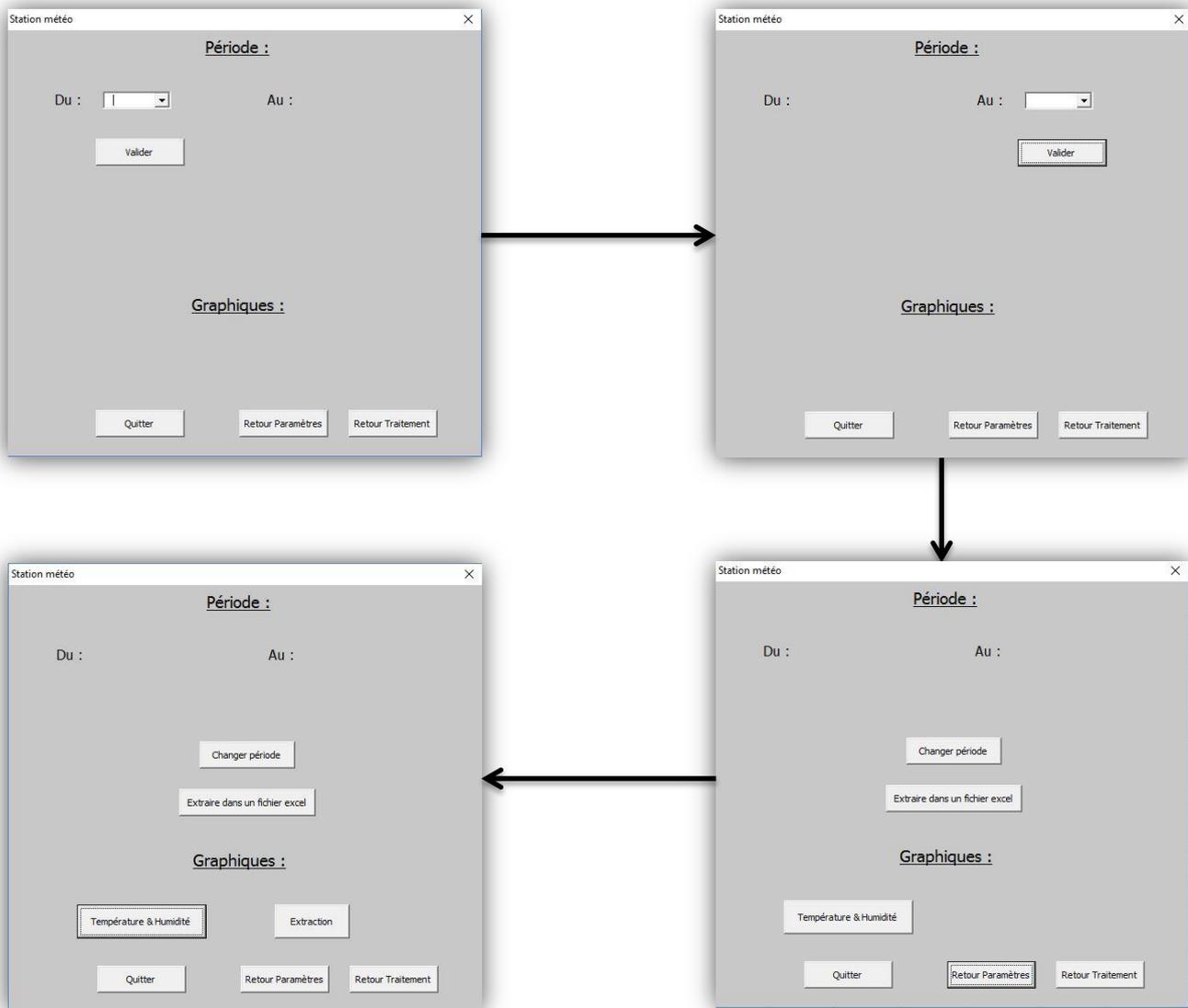


Figure 18 : Traitement des données météorologiques

1) Initialisation

L'ouverture de cette fenêtre pour la première fois a exactement les mêmes effets que l'initialisation de la userform « Paramètres », c'est-à-dire le remplissage de la liste déroulante pour le choix de la date de début.

2) Utilisation

En validant le premier choix, la deuxième liste est complétée avec les dates restantes, et après avoir choisie une date de fin, seule les données se situant dans la période d'étude seront récupérés dans l'onglet « Résultats météo ». Le principe est exactement le même que précédemment.

Les choix suivants s'offrent alors à l'utilisateur :

- Changer la période d'étude et relancer l'acquisition
- Extraire les données météorologiques dans un fichier Excel
- Lancer la création des graphiques de température et d'humidité qui seront cette fois réunis sur une même page, et le cas échéant, les extraire
- Retourner à la fenêtre « Paramètres » ou « Traitement »
- Quitter l'interface

III] Description du fichier Excel

L'extraction et le traitement se font entièrement sur un fichier Excel à l'aide de nombreux onglets dans lesquels sont stockés les données et les résultats.

1) Présentation du menu

Dès l'ouverture du fichier, un menu apparaît, laissant ainsi plusieurs options de départ à l'utilisateur. Cela se présente de la manière suivante :

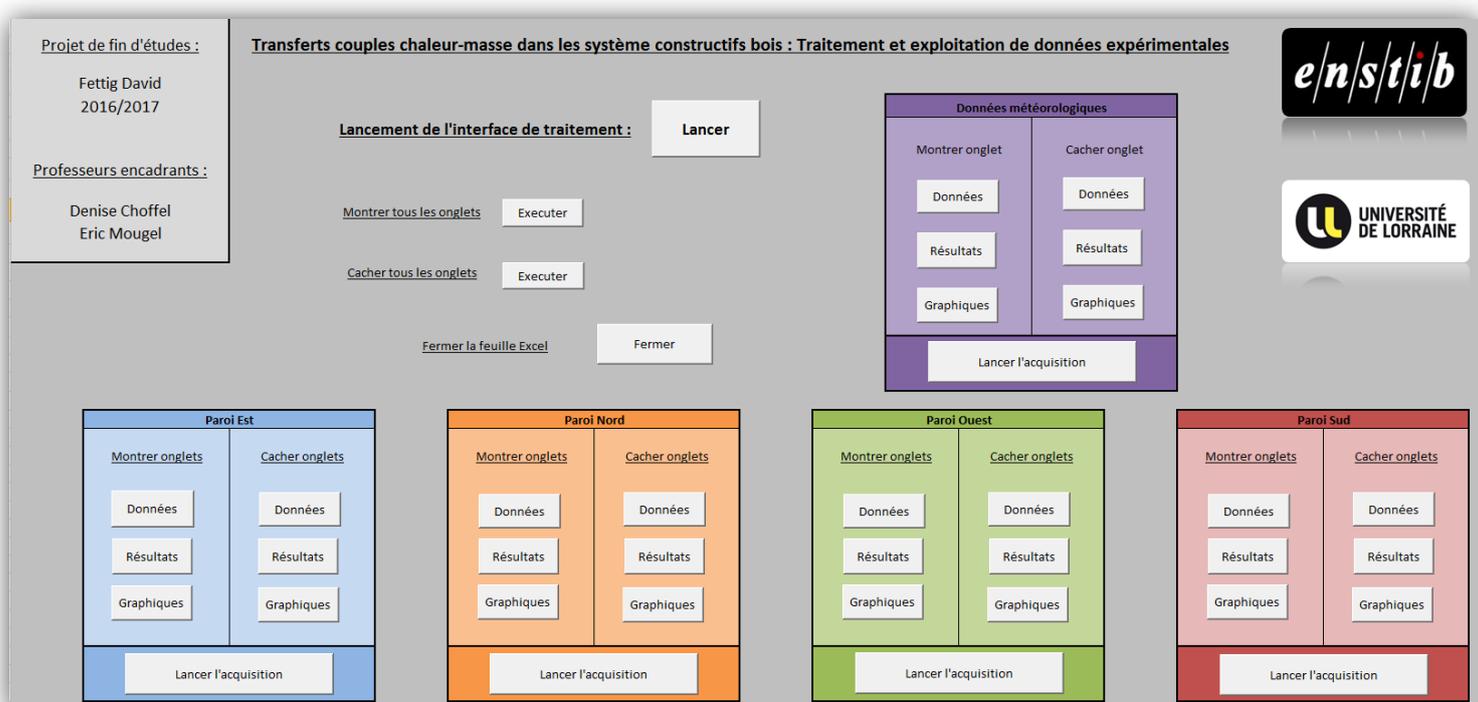


Figure 19 : Onglet Menu général

Ce menu se présente comme une fenêtre d'information et de navigation. En effet, on y trouve les informations suivantes :

- Titre du projet
- Nom du développeur de l'interface
- Années de conception
- Noms des professeurs encadrants
- Logo des institutions responsables

Cette fenêtre permet également de rendre disponible les différentes informations présentes dans le fichier. On peut ainsi ouvrir l'ensemble des onglets (soit un total de 70) en seul clic et inversement.

En cliquant sur le bouton « Lancer », l'interface s'ouvre et le paramétrage de l'acquisition débute. Le bouton « Fermer » met fin à l'étude et ferme le fichier Excel en l'enregistrant au préalable.

2) Affichage des données d'une paroi

On peut aussi décider s'intéresser uniquement à une paroi, grâce à 5 petits menu qui se présentent comme suit :

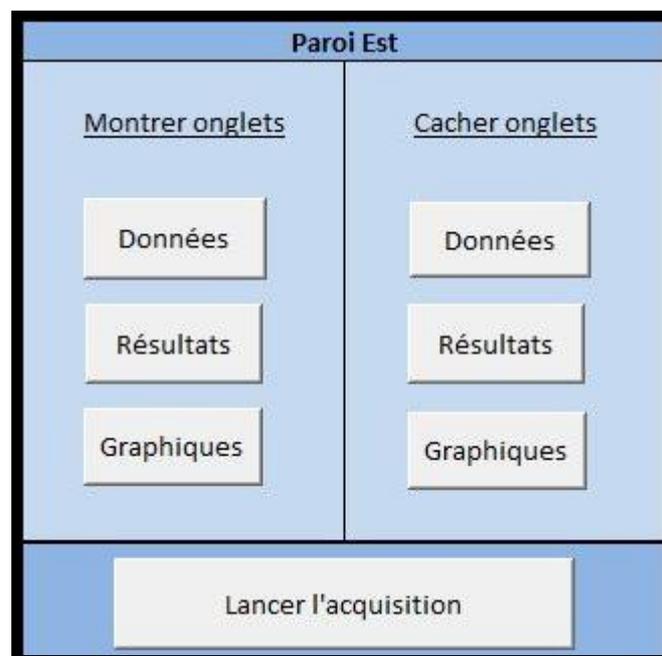


Figure 20 : Menu de la paroi Est

Ces boutons ouvrent ou ferment les onglets contenant des données nécessaires à l'acquisition et les résultats après avoir effectué cette dernière.

a. Données brutes

Il existe un onglet par capteur et il se différencie des autres à l'aide d'un numéro qui correspond à celui du capteur dans la paroi.

Date	Date-Heure	ACMB Température 2A	ACMB Humidité 2A
12/04/2011	12/04/2011 14:15	16.84	47.287815
12/04/2011	12/04/2011 14:30	16.739998	45.456905
12/04/2011	12/04/2011 14:45	16.82	45.239635
12/04/2011	12/04/2011 15:00	15.989998	45.61058
12/04/2011	12/04/2011 15:15	14.360001	48.030125
12/04/2011	12/04/2011 15:30	13.579998	49.109737
12/04/2011	12/04/2011 15:45	13.539997	49.592693
12/04/2011	12/04/2011 16:00	13.860001	49.079861
12/04/2011	12/04/2011 16:15	13.219997	51.30006
12/04/2011	12/04/2011 16:30	12.829998	53.76915
12/04/2011	12/04/2011 16:45	13.41	54.949074
12/04/2011	12/04/2011 17:00	12.48	55.594608
12/04/2011	12/04/2011 17:15	11.399998	56.181309
12/04/2011	12/04/2011 17:30	11.349998	57.636169
12/04/2011	12/04/2011 17:45	11.759998	57.607754
12/04/2011	12/04/2011 18:00	11.699997	57.836716
12/04/2011	12/04/2011 18:15	11.259998	59.106167
12/04/2011	12/04/2011 18:30	11.419998	58.241962
12/04/2011	12/04/2011 18:45	11.32	58.107327
12/04/2011	12/04/2011 19:00	11.07	57.564194
12/04/2011	12/04/2011 19:15	11.07	57.56263
12/04/2011	12/04/2011 19:30	10.459999	57.348446
12/04/2011	12/04/2011 19:45	9.82	57.396877
12/04/2011	12/04/2011 20:00	9.149998	58.317074
12/04/2011	12/04/2011 20:30	8.389999	60.376526
12/04/2011	12/04/2011 20:45	8.029999	60.372082
12/04/2011	12/04/2011 21:00	7.579998	61.749352
12/04/2011	12/04/2011 21:15	6.879997	61.399574
12/04/2011	12/04/2011 21:30	6.219997	60.830967
12/04/2011	12/04/2011 21:45	5.799999	62.052353
12/04/2011	12/04/2011 22:00	5.43	63.420815
12/04/2011	12/04/2011 22:15	5.139999	61.623726
12/04/2011	12/04/2011 22:30	4.879997	61.031845
12/04/2011	12/04/2011 22:45	4.639999	62.540745
12/04/2011	12/04/2011 23:00	4.379997	62.58144
12/04/2011	12/04/2011 23:15	4.149998	62.398956
12/04/2011	12/04/2011 23:30	3.93	63.896595

Figure 20 : Exemple de données brutes de la paroi Est

Dans les données récupérées, on trouve celles concernant la température et l'humidité pour une date et une heure précise. On remarque également que ces données ne sont pas encore exploitables par Excel, du fait qu'il y a un point et non une virgule, ce qui rend indisponible l'insertion de graphiques.

Il y a un autre onglet qui s'ouvre, celui-ci porte le nom de « Valeurs Est » dans le cas de la paroi Est. On y trouvera un résumé de toutes les données concernant les capteurs que l'utilisateur aura choisi au sein de la paroi.

b. Résultats

Une fois que l'utilisateur aura choisi des capteurs et une période d'étude, les données seront filtrées selon ces deux variables, et s'afficheront dans un onglet. Un capteur occupera ainsi 4 colonnes, et plus on sélectionne de capteurs, plus le nombre de données présentées sera importants, rallongeant ainsi le temps de calcul.

Date	Date-Heure	ACMB Température 7A	ACMB Humidité 7A	Date	Date-Heure	ACMB Température 8A	ACMB Humidité 8A	Date	Date-Heure	ACMB Température 9A	ACMB Humidité 9A	Date	Date-Heure	ACMB Température 10A	ACMB Humidité 10A
15/04/2011	15/04/2011 00:13	15,65	56,37	15/04/2011	15/04/2011 00:13	17,80	52,59	15/04/2011	15/04/2011 00:13	18,34	51,36	15/04/2011	15/04/2011 00:13	18,48	48,00
15/04/2011	15/04/2011 00:28	15,56	56,30	15/04/2011	15/04/2011 00:28	17,77	52,52	15/04/2011	15/04/2011 00:28	18,31	51,29	15/04/2011	15/04/2011 00:28	18,46	47,93
15/04/2011	15/04/2011 00:43	15,44	56,19	15/04/2011	15/04/2011 00:43	17,73	52,45	15/04/2011	15/04/2011 00:43	18,28	51,20	15/04/2011	15/04/2011 00:43	18,44	47,93
15/04/2011	15/04/2011 00:58	15,34	56,12	15/04/2011	15/04/2011 00:58	17,69	52,38	15/04/2011	15/04/2011 00:58	18,25	51,13	15/04/2011	15/04/2011 00:58	18,41	47,90
15/04/2011	15/04/2011 01:13	15,23	56,01	15/04/2011	15/04/2011 01:13	17,64	52,32	15/04/2011	15/04/2011 01:13	18,22	51,03	15/04/2011	15/04/2011 01:13	18,40	47,93
15/04/2011	15/04/2011 01:28	15,11	55,93	15/04/2011	15/04/2011 01:28	17,58	52,25	15/04/2011	15/04/2011 01:28	18,19	50,90	15/04/2011	15/04/2011 01:28	18,38	47,92
15/04/2011	15/04/2011 01:43	14,99	55,85	15/04/2011	15/04/2011 01:43	17,54	52,18	15/04/2011	15/04/2011 01:43	18,16	50,81	15/04/2011	15/04/2011 01:43	18,38	47,86
15/04/2011	15/04/2011 01:58	14,85	55,74	15/04/2011	15/04/2011 01:58	17,48	52,11	15/04/2011	15/04/2011 01:58	18,14	50,71	15/04/2011	15/04/2011 01:58	18,34	47,86
15/04/2011	15/04/2011 02:13	14,71	55,66	15/04/2011	15/04/2011 02:13	17,41	52,04	15/04/2011	15/04/2011 02:13	18,10	50,61	15/04/2011	15/04/2011 02:13	18,32	47,76
15/04/2011	15/04/2011 02:28	14,60	55,55	15/04/2011	15/04/2011 02:28	17,37	51,94	15/04/2011	15/04/2011 02:28	18,06	50,48	15/04/2011	15/04/2011 02:28	18,27	47,78
15/04/2011	15/04/2011 02:43	14,47	55,50	15/04/2011	15/04/2011 02:43	17,30	51,87	15/04/2011	15/04/2011 02:43	18,02	50,38	15/04/2011	15/04/2011 02:43	18,26	47,85
15/04/2011	15/04/2011 02:58	14,32	55,42	15/04/2011	15/04/2011 02:58	17,24	51,77	15/04/2011	15/04/2011 02:58	17,97	50,25	15/04/2011	15/04/2011 02:58	18,23	47,81
15/04/2011	15/04/2011 03:13	14,22	55,37	15/04/2011	15/04/2011 03:13	17,17	51,69	15/04/2011	15/04/2011 03:13	17,95	50,15	15/04/2011	15/04/2011 03:13	18,18	47,80
15/04/2011	15/04/2011 03:28	14,12	55,27	15/04/2011	15/04/2011 03:28	17,14	51,57	15/04/2011	15/04/2011 03:28	17,90	50,02	15/04/2011	15/04/2011 03:28	18,15	47,77
15/04/2011	15/04/2011 03:43	14,04	55,22	15/04/2011	15/04/2011 03:43	17,08	51,50	15/04/2011	15/04/2011 03:43	17,86	49,92	15/04/2011	15/04/2011 03:43	18,11	47,80
15/04/2011	15/04/2011 03:58	13,95	55,15	15/04/2011	15/04/2011 03:58	17,04	51,40	15/04/2011	15/04/2011 03:58	17,82	49,79	15/04/2011	15/04/2011 03:58	18,08	47,67
15/04/2011	15/04/2011 04:13	13,84	55,08	15/04/2011	15/04/2011 04:13	16,99	51,30	15/04/2011	15/04/2011 04:13	17,79	49,66	15/04/2011	15/04/2011 04:13	18,06	47,70
15/04/2011	15/04/2011 04:28	13,75	55,00	15/04/2011	15/04/2011 04:28	16,93	51,20	15/04/2011	15/04/2011 04:28	17,75	49,57	15/04/2011	15/04/2011 04:28	18,02	47,66
15/04/2011	15/04/2011 04:43	13,67	54,96	15/04/2011	15/04/2011 04:43	16,88	51,10	15/04/2011	15/04/2011 04:43	17,70	49,47	15/04/2011	15/04/2011 04:43	17,99	47,69
15/04/2011	15/04/2011 04:58	13,55	54,88	15/04/2011	15/04/2011 04:58	16,82	51,00	15/04/2011	15/04/2011 04:58	17,66	49,30	15/04/2011	15/04/2011 04:58	17,98	47,62
15/04/2011	15/04/2011 05:13	13,44	54,80	15/04/2011	15/04/2011 05:13	16,76	50,96	15/04/2011	15/04/2011 05:13	17,62	49,21	15/04/2011	15/04/2011 05:13	17,92	47,65
15/04/2011	15/04/2011 05:28	13,34	54,76	15/04/2011	15/04/2011 05:28	16,72	50,83	15/04/2011	15/04/2011 05:28	17,58	49,11	15/04/2011	15/04/2011 05:28	17,90	47,61
15/04/2011	15/04/2011 05:43	13,25	54,71	15/04/2011	15/04/2011 05:43	16,66	50,73	15/04/2011	15/04/2011 05:43	17,58	48,95	15/04/2011	15/04/2011 05:43	17,89	47,67
15/04/2011	15/04/2011 05:58	13,18	54,64	15/04/2011	15/04/2011 05:58	16,62	50,63	15/04/2011	15/04/2011 05:58	17,53	48,88	15/04/2011	15/04/2011 05:58	17,85	47,67
15/04/2011	15/04/2011 06:13	13,08	54,63	15/04/2011	15/04/2011 06:13	16,58	50,56	15/04/2011	15/04/2011 06:13	17,49	48,75	15/04/2011	15/04/2011 06:13	17,82	47,66
15/04/2011	15/04/2011 06:28	13,00	54,56	15/04/2011	15/04/2011 06:28	16,52	50,46	15/04/2011	15/04/2011 06:28	17,45	48,62	15/04/2011	15/04/2011 06:28	17,79	47,60
15/04/2011	15/04/2011 06:43	12,93	54,52	15/04/2011	15/04/2011 06:43	16,50	50,36	15/04/2011	15/04/2011 06:43	17,41	48,52	15/04/2011	15/04/2011 06:43	17,77	47,53
15/04/2011	15/04/2011 06:58	12,83	54,47	15/04/2011	15/04/2011 06:58	16,43	50,29	15/04/2011	15/04/2011 06:58	17,37	48,42	15/04/2011	15/04/2011 06:58	17,72	47,59
15/04/2011	15/04/2011 07:13	12,72	54,43	15/04/2011	15/04/2011 07:13	16,38	50,19	15/04/2011	15/04/2011 07:13	17,35	48,29	15/04/2011	15/04/2011 07:13	17,70	47,59
15/04/2011	15/04/2011 07:28	12,60	54,41	15/04/2011	15/04/2011 07:28	16,32	50,12	15/04/2011	15/04/2011 07:28	17,30	48,19	15/04/2011	15/04/2011 07:28	17,66	47,61
15/04/2011	15/04/2011 07:43	12,47	54,33	15/04/2011	15/04/2011 07:43	16,23	50,02	15/04/2011	15/04/2011 07:43	17,26	48,03	15/04/2011	15/04/2011 07:43	17,66	47,58
15/04/2011	15/04/2011 07:58	12,38	54,25	15/04/2011	15/04/2011 07:58	16,18	49,98	15/04/2011	15/04/2011 07:58	17,23	47,96	15/04/2011	15/04/2011 07:58	17,62	47,58
15/04/2011	15/04/2011 08:13	12,26	54,24	15/04/2011	15/04/2011 08:13	16,12	49,85	15/04/2011	15/04/2011 08:13	17,18	47,83	15/04/2011	15/04/2011 08:13	17,58	47,57
15/04/2011	15/04/2011 08:28	12,15	54,22	15/04/2011	15/04/2011 08:28	16,03	49,77	15/04/2011	15/04/2011 08:28	17,16	47,74	15/04/2011	15/04/2011 08:28	17,58	47,54
15/04/2011	15/04/2011 08:43	12,08	54,24	15/04/2011	15/04/2011 08:43	15,96	49,67	15/04/2011	15/04/2011 08:43	17,12	47,61	15/04/2011	15/04/2011 08:43	17,56	47,51
15/04/2011	15/04/2011 08:58	12,08	54,27	15/04/2011	15/04/2011 08:58	15,88	49,60	15/04/2011	15/04/2011 08:58	17,10	47,51	15/04/2011	15/04/2011 08:58	17,54	47,57
15/04/2011	15/04/2011 09:13	12,14	54,34	15/04/2011	15/04/2011 09:13	15,83	49,56	15/04/2011	15/04/2011 09:13	17,07	47,41	15/04/2011	15/04/2011 09:13	17,52	47,56
15/04/2011	15/04/2011 09:28	12,24	54,44	15/04/2011	15/04/2011 09:28	15,77	49,52	15/04/2011	15/04/2011 09:28	17,04	47,31	15/04/2011	15/04/2011 09:28	17,50	47,56

Figure 21 : Onglet « Résultats » de la paroi Est

c. Graphiques

Les graphiques de température et d'humidité s'afficheront dans 2 onglets distincts dès que l'utilisateur aura lancé l'acquisition. Cela permettra une visualisation rapide des résultats sur une période donnée.

Voici ci-dessous un aperçu des types de graphiques obtenus et de leur présentation :

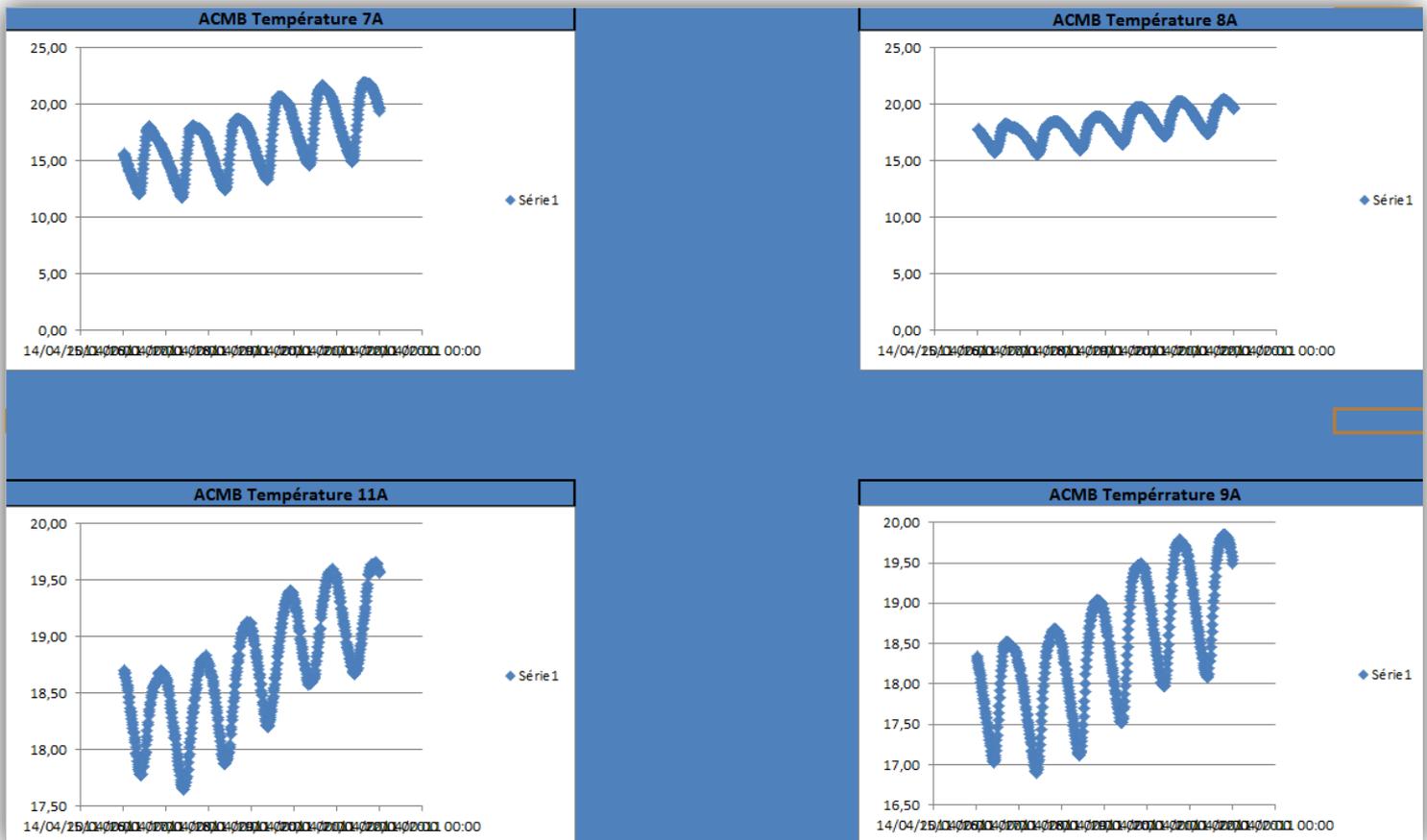


Figure 22 : Graphiques de la température pour 4 capteurs de la paroi Est

L'utilisateur peut alors les personnaliser comme il le souhaite pour les rendre plus lisibles et présentables, notamment en ce qui concerne l'axe des abscisses.

3) Lancement de l'interface d'acquisition

On peut ouvrir directement l'interface de traitement pour une façade donnée, sans passer par l'ouverture générale qui demandera quelle paroi sera étudiée.

Ces fenêtres s'appliquent aux données suivantes, pour lesquelles il existe un code couleur :

- Données de la paroi Est - **Bleu**
- Données de la paroi Nord - **Orange**
- Données de la paroi Ouest - **Vert**

- Données de la paroi Sud - **Rouge**
- Données de la station météorologiques - **Violet**. Dans ce cas précis, il n'existe qu'un seul onglet de données brutes, et les graphiques de température et d'humidité sont réunis sur une seule page.

Il existe également des boutons de commandes qui font apparaître et disparaître tous les onglets.

Le bouton « Quitter » permet de fermer le fichier Excel. En cliquant sur ce bouton, une sauvegarde est automatiquement effectuée.

4) Pérennité de l'interface

Cette interface d'acquisition a été conçue via son codage pour être utilisable sur le long terme. Cela implique qu'il doit être possible d'ajouter de nouvelles données pour un module, et d'adapter l'utilisation de ce logiciel aux autres modules d'études.

a) Ajout de données

De nouvelles données sont récupérées tous les jours sur un serveur, mais ne sont pas encore exploitables par l'interface créée car elles ne font pas partir de sa base de données. Pour remédier à cela, il faut suivre la méthodologie suivante :

- Ouvrir les onglets contenant les données brutes et y ajouter les données supplémentaires directement à la suite de celle déjà présentes. Il est important de respecter la disposition déjà en place, c'est-à-dire insérer dans les colonnes A, B, C et D du fichier, respectivement la date, la date et l'heure, la température, et enfin l'humidité. Le logiciel traitera ainsi automatiquement l'ensemble des données présentes.

	Dates	Dates - Heure	Température	Humidité
175401	28/03/2016	28/03/2016 11:45	0	0
175402	28/03/2016	28/03/2016 12:00	0	0
175403	28/03/2016	28/03/2016 12:15	0	0
175404	28/03/2016	28/03/2016 12:30	0	0
175405	28/03/2016	28/03/2016 12:45	0	0
175406	28/03/2016	28/03/2016 13:00	0	0
175407				
175408				
175409				
175410				
175411				



Figure 23 : Emplacement de collage des nouvelles données brutes

- La deuxième étape consiste à effectuer le même type d'opération que précédemment, en allant cette fois dans l'onglet « Dates », afin d'y insérer à la suite des dates déjà présentes, celles correspondantes aux nouvelles données. Il faut toutefois veiller à ce que chaque date n'apparaisse qu'une seule fois. Il ne faut pas oublier d'insérer leur valeur numérique dans la colonne adjacente.

1807	23/03/2016	42452
1808	24/03/2016	42453
1809	25/03/2016	42454
1810	26/03/2016	42455
1811	27/03/2016	42456
1812	28/03/2016	42457
1813		
1814		
1815		
1816		



Figure 25 : Emplacement de collage des nouvelles dates

En respectant ces deux étapes, l'acquisition s'exécutera sans difficultés, si ce n'est qu'un temps de calcul plus long sera nécessaire si un nombre important de données sont ajoutés et exploiter.

b) Adaptabilité à d'autres modules

- Conditions

Avant de pouvoir utiliser cette interface avec d'autres modules, il y a certaines conditions à vérifier :

- Le module doit être composé de 4 parois
- Le nombre de capteurs présents dans une paroi doit être inférieur ou égal à 12, qui correspond au nombre de capteurs présent dans le module de base à partir duquel l'interface a été conçue. Dans le cas où un nombre plus important est présent, il toutefois possible d'utiliser l'interface en sélectionnant uniquement les 12 capteurs qui seront utilisés.
- Le code de fonctionnement de l'interface ne doit pas être modifié.

- Méthode à suivre

Il faut dans un premier temps remplacer les valeurs brutes présentes par celles des nouveaux capteurs étudiés. Il faut effectuer cela en conservant la mise en page déjà instaurée. Cela doit être fait dans les onglets numérotés de 1 à 50.

L'onglet « Dates » doit alors également être modifiés en insérant les nouvelles dates d'études à la place des anciennes.

Une fois ces deux actions réalisées, l'interface est fonctionnelle pour le module souhaité.

- Données climatiques

Il y a deux possibilités concernant les données climatiques :

- La station météo utilisée est la même que dans le module précédent. Dans ce cas, aucune action n'est nécessaire.
- Le module étudié se situe dans un autre lieu que le précédent, ce qui implique que le climat peut être différent. Les données météorologiques sont ainsi fournies par une autre station. La méthode à suivre est alors la même que celle expliquée ci-dessus, c'est-à-dire qu'il faut dans un premier temps, remplacer les données climatiques brutes dans l'onglet « Météo », et ensuite remplacer les dates dans l'onglet correspondant.

En suivant les indications ci-dessus, il est possible d'adapter l'interface d'acquisition à d'autres projets d'étude.

Conclusion générale

A travers l'utilisation d'un logiciel comme Excel, il a été possible de créer un outil d'acquisition de données. Celui-ci permet de filtrer une base importante de données et d'en extraire celles qui intéressent l'utilisateur. En effet, l'interface qui a été mise en place respecte des besoins précis exprimés à travers le cahier des charges. Un professionnel pourra dorénavant traiter plus facilement et plus rapidement les données récupérées sur le serveur, afin d'en comprendre le sens.

Au cours de ce projet, de nombreuses difficultés ont été rencontrées, toutes liées aux solutions les plus efficaces à mettre en œuvre afin de rendre l'existence d'une telle interface possible. Il a donc été nécessaire de développer de nombreuses compétences personnelles, notamment en ce qui concerne le pilotage du projet, les ressources à mobiliser et les méthodes à utiliser.

Le travail réalisé dans ce projet permettra d'étudier avec une plus grande efficacité les nombreuses données récupérées ces dernières années. Son adaptabilité est un atout pour étendre son champ d'action sur toute la base de données conservée dans les serveurs de l'Enstib. Cette interface reste néanmoins améliorable, entre autres en ce qui concerne son ergonomie et le fait de trouver encore des valeurs considérées comme aberrantes qui seront traitées et rendront l'étude plus délicate.

Ce genre de projet n'est pas courant et est dans un sens innovant puisque l'existence de telles interfaces d'acquisition n'est pas fréquente, mais pas inexistante pour autant puisqu'on peut-on peut au-moins citer l'outil commercial WUFI qui est un outil souvent utilisé par les professionnels du domaine.

Bibliographie

Aucun document extérieur n'a été nécessaire pour réaliser ce projet. Le travail de conception de l'interface d'acquisition a fait appel uniquement à la récupération des données présentes sur les serveurs, afin d'en comprendre l'étendue, ainsi que le sens même du projet.

Ce travail a cependant été réalisé suite à la thèse de Heliosa Mamy RAFIDIARISON, présentée et soutenue publiquement le 17 juillet 2012. Il y est précisé que son objectif est de caractériser les transferts de chaleur-masse dans la construction bois dans le but de valider un outil numérique de simulation du comportement hygrothermique des parois. L'outil créé dans ce projet de fin d'étude est cohérent avec l'objectif de cette thèse.

Résumé

Le transfert couplé chaleur-masse est difficile à modéliser, cela étant dû à la complexité du matériau bois et ses dérivés. Les matériaux hygroscopiques présents peuvent absorber et relâcher de l'humidité, mais ce type de modélisation est toutefois important dans l'étude de la physique d'un bâtiment, puisqu'il permet de juger de la pérennité d'une paroi. En effet, des pathologies dues à l'accumulation d'humidité dans une paroi peuvent être responsable de la dégradation rapide de cette dernière, nécessitant ainsi des travaux supplémentaires, et donc des coûts plus élevés.

Dans un premier temps, on présente le cahier des charges de l'utilisateur principal de l'interface d'acquisition. On donne ensuite un descriptif complet du logiciel de modélisation expérimentale créé et de son fonctionnement grâce à un programme spécifique. Tout cela a été réalisé sur le logiciel Excel, il s'agit donc d'expliquer l'intérêt et l'utilité des feuilles de calcul dans ce projet.

Mots clés : Transfert couplé chaleur-masse, paroi, bois, matériaux hygroscopiques, modélisation expérimentale, humidité, pérennité.

Abstract

Coupled heat and moisture transfer is difficult to model, this being due to the complexity of wood and wood based products. The hydrosopic materials can absorb and release humidity, but this type of modelisation is still important in the study of physics of a building, because it makes possible to know the durability of a wall. Indeed, pathologies due to the accumulation of humidity in a wall can be responsible of it fast degradation, requiring then additional works and costs.

In a first time, we present the contract documents from the principal user of the acquisition interface. We give then a comprehensive description of the created experimental modelisation software and how it works with a specific program. All of this has been realized on the Excel software, so there is a need to explain the interest and utility of the worksheets in this project.

Keywords : Coupled heat and moisture transfer, wall, wood, hydrosopic materials, experimental modelisation, humidity, durability.