

Chapitre 7 : Automatisation des feuilles de calcul Développement d'un programme en VBA

Introduction

La nécessité d'avoir les notes de calcul des pylônes au début et au cours d'exécution projets des lignes aérienne de contact (LAC) ferroviaires et Tramway, implique d'avoir un outil d'utilisation automatiques et de calcul itératif permettant de faciliter l'utilisation des feuilles de calcul et interagir directement avec les résultats de vérification. Ceci réduira les temps de pertes répétitifs de saisi des données d'entrées dans les fiches de calcul et augmentera la performance d'interprétation des résultats obtenus.

7.1. Cahier des charges

7.1.1. Cahier des charges

Au cours de mon stage à Cegelec dans le centre d'activité transport, on m'a demandé de développer une méthode pour automatiser les feuilles de calcul tout en gardant l'objectif principal d'établir les études sur des Datasheets Excel.

Basé sur toutes les hypothèses énoncées au début (vent, climat, BD pylônes..) et les relations d'analyses développées dans les différents chapitres, l'outil à développer doit répondre aux exigences suivantes :

- Simplicité de manipulation
- Facile à interpréter
- Automatique dans ses options
- Permettre le saisi des données et affichage des résultats avec possibilité de modification
- Traitement de tous les cas possibles
- Ressortir des calculs sur des fiches Excel

7.1.2. Méthodologie

Pour respecter ce cahier des charges, j'étais amené à utiliser un langage de programmation qui inclut en même temps les classeurs Excel. Le langage VBA était l'outil performant et que je voyais adaptable à cette situation. Pour la réalisation de ce travail j'ai répartie mes tâches sur trois périodes :

Une première période d'apprentissage du langage et d'améliorer mes compétences au niveau de la programmation en VBA.

Une deuxième période pour la construction des algorithmes de calcul nécessaires pour développer un programme satisfaisant le cahier des charges.

Une troisième et finale période où je commençais à développer le programme et faire sortir les interfaces de communication Utilisateurs-Machines

Ainsi l'objectif de ce chapitre 7 est de présenter la méthode que j'ai adopté pour développer le programme en VBA et comment j'ai fait pour intégrer toutes les données et hypothèses que l'utilisateur fait entrer et les informations stockées dans la base de données Excel. Aussi présenter les résultats de calcul finaux avec les critères et les options de choix.

7.1.3. Présentation de la VBA

VBA : Visual Basic pour Applications, c'est un langage de programmation des applications Microsoft Office. Il permet d'automatiser les opérations, de créer des applications complètes, de sécuriser les saisi et les documents, de créer de nouveaux menus et de nouvelles fonctions.

VBA utilise le même langage que Microsoft Visual Basic. En fait la VB est un ensemble complet qui permet de développer des applications indépendantes et librement distribuables.

Une Application VBA est complètement liée au logiciel sous lequel elle a été créée. Dans ce Projet les programme développer en VBA sont créées sous Excel et ne pourront pas se lancer sur un poste si Excel n'est pas installé.

VBA manipule des objets Excel tels que les objets Workbook (classeur) ,Worksheet (Feuille de calcul) ,Range (place de cellule) etc...

C'est un langage puissant, souple et facile à utiliser et permet de réaliser rapidement des applications.

7.2.Construction des algorithmes

Dans cette partie je vais expliciter les algorithmes que j'ai construits afin de remplir le cahier des charges, aussi pour développer un programme optimal sans risque d'alourdir l'utilisation et l'exploitation du programme.

Aussi la manière avec laquelle j'ai pu établir les connexions entre les données informatiques dans Excel et les entrées que les utilisateurs peuvent saisir.

7.2.1. Algorithme général

Ce schéma représente l'algorithme général adopté pour le programme en général et qui sera la base de tous les autres algorithmes découlant pour les autres procédures des calculs :

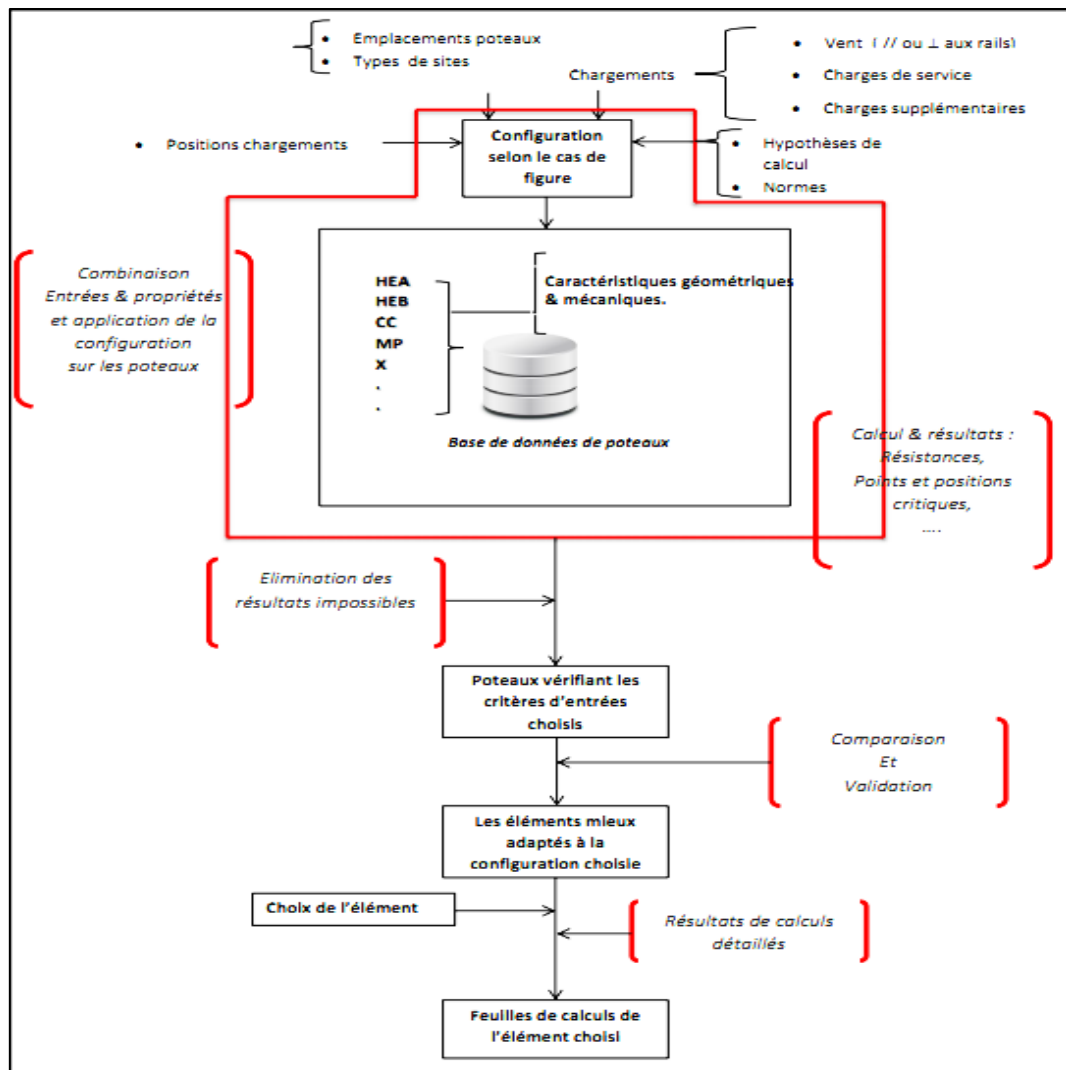


Figure 7.1 Algorithme Général du programme

L'objectif de l'automatisation des calculs est d'étudier tous les cas de figure possibles résultant de l'interaction entre les hypothèses et les données d'entrées et les informations liées à chaque élément de calcul comme les équipements et les chargements d'exploitation.

Les calculs se font à la bases des données enregistrées et relatives à tous les éléments des hypothèses et aux éléments de la configuration choisie .Ensuite il traite le cas de figure en établissant une connexion entre ces données .Ces connexions sont de nature mathématique itérative. L'algorithme fait inclure toutes les feuilles de calcul que j'ai cité dans le chapitre 6.

Les données d'entrées du programme sont directement liées aux données d'entrées des feuilles de calculs .Aussi le programme va faire appeler les feuilles de calcul intermédiaire puis capte les résultats relatif à chaque choix établi. En fait le programme va se charger de donner une comparaison des pylônes les mieux adapter pour la configuration sélectionnée, cette comparaison est basée sur des critères que je vais expliciter pas à pas.

- Les entrées à saisir :

Les données de piquetage (implantation, arasement, Hauteur fil de contact, type de site, pression de calcul, rayon de courbe...)

- Equipement du pylône :

Ça représente les équipements à affecter au pylône. En d'autre terme les montages possibles du poteau. En fait pour les chemins ferroviaires, la ligne électrique est composée de plusieurs montages qui assurent la liaison électrique entre les conducteurs et les propriétés mécaniques de montage global des lignes aériennes. Pour cela plusieurs montages à considérer dans le choix de la configuration.

Les configurations que j'ai considérées sont les suivants :

- ✓ Ancrage d'anti-cheminement
- ✓ Axe d'anti-cheminement
- ✓ Ancrage sectionnement
- ✓ Intermédiaire sectionnement
- ✓ Axe sectionnement
- ✓ Ancrage Chevauchement
- ✓ Intermédiaire chevauchement
- ✓ Axe chevauchement

Ces configurations sont les plus utilisées pour les lignes ferroviaires. Et leur intégration dans le programme en VBA a le rôle de faciliter les options à considérer et minimiser le saisi des données puisque un choix d'une configuration va directement alimenter les champs de calculs tout en considérant les autres entrées et hypothèses.

Aussi l'utilisateur a la liberté de faire équiper le pylône de n'importe quels équipements et avoir une configuration différente de celle cité ci-dessus.

- Les pylônes à tester :

Le programme va permettre à l'utilisateur de sélectionner plusieurs pylônes à tester et valider en même temps. Ces pylônes sortent directement des bases de données dans la feuille Excel « Type_Supports »

7.2.2. Algorithmes intermédiaires de calcul

7.2.2.1. Algorithme de combinaisons entrées avec les bases de données

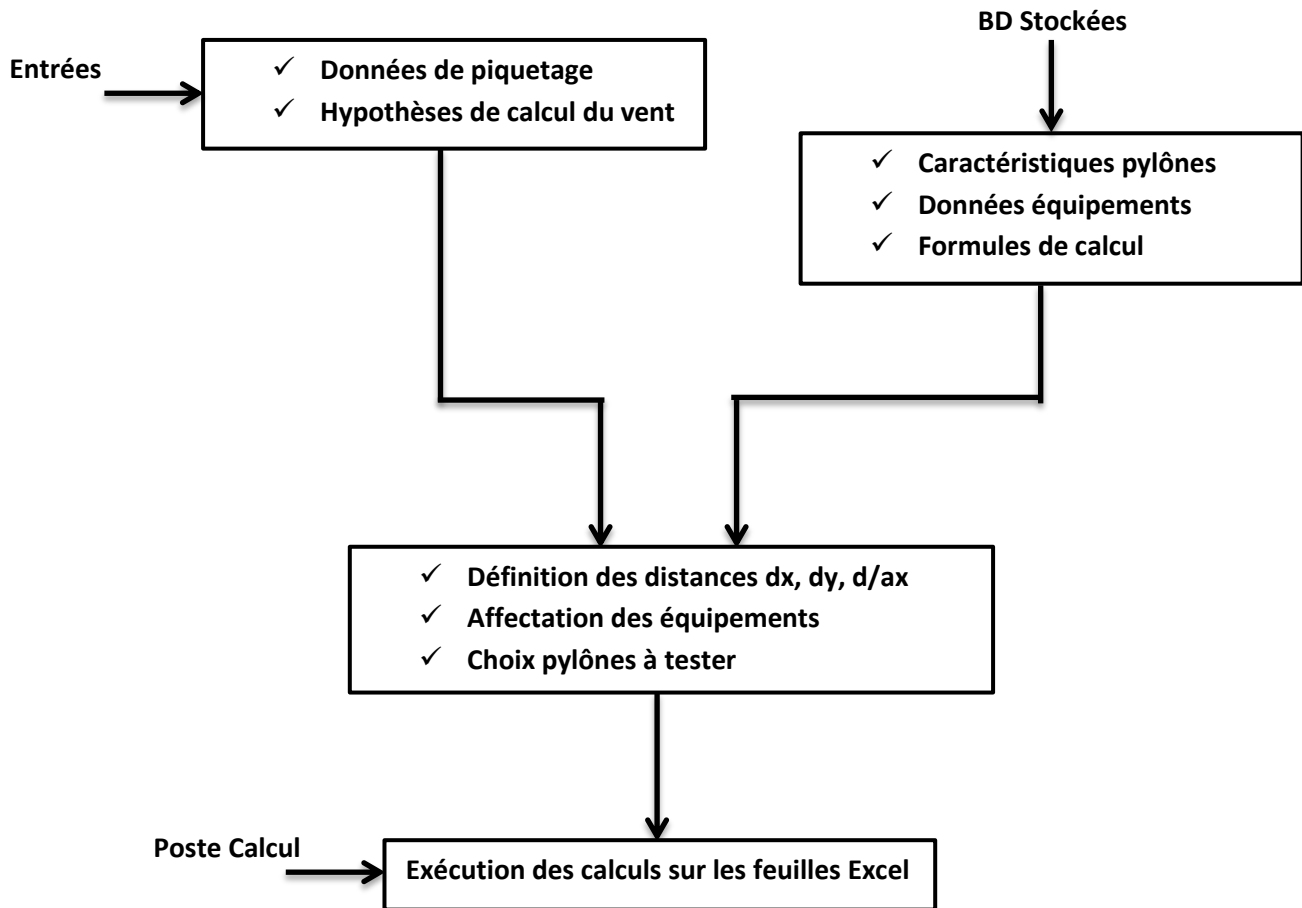


Figure 7.2 Algorithme de combinaisons entrées-Bases des données

Une fois l'utilisateur saisi les valeurs relatives aux données de piquetage (arasement, implantation, Rayon de courbe, hauteur fil de contact...) et valide les hypothèses de vent à tenir en compte, le programme appelle les informations stockées dans les bases de données (caractéristiques pylônes, équipements, et les formules de calcul...) puis établie une liaison pour définir tous les éléments de calcul et prépare les équipements à affecter aux pylônes sélectionnés.

Puis fait transférer ces informations vers le poste calcul qui s'en charge de l'exécution des itérations de calcul.

7.2.2.2. Algorithme de poste calcul

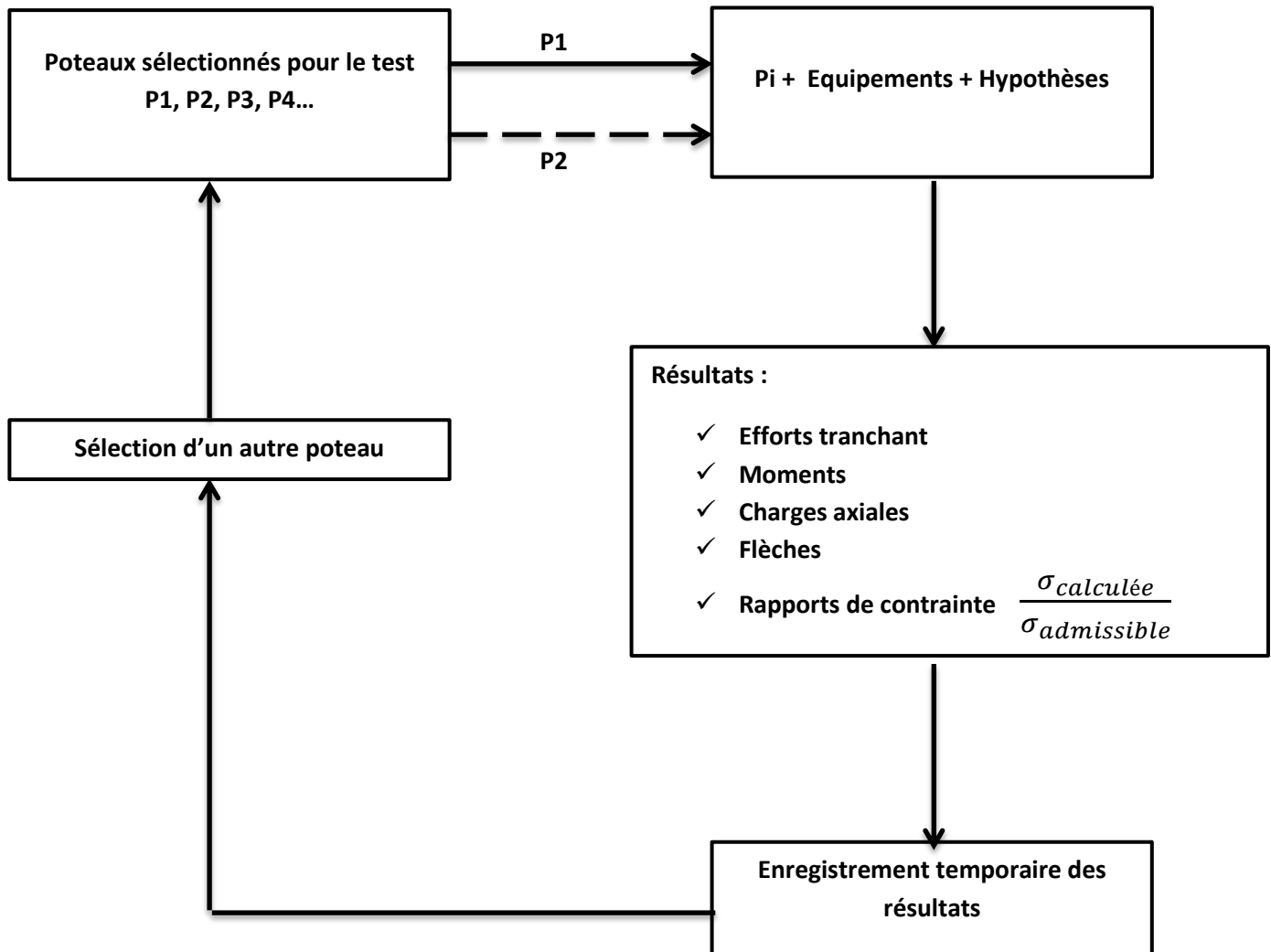


Figure 7.3 Algorithme de traitement et calcul

D'après ce schéma le poste calcul fait des itérations sur les types de pylônes sélectionnés. Le poste calcul prend un pylône de la liste sélectionnée puis lui affecte la configuration choisie (équipements et hypothèses) ensuite il exécute les formules de calcul afin d'extraire les différents résultats (efforts tranchants, moments, Charges axiales,...). Les résultats sont enregistrés temporairement dans une mémoire sous forme de cellules Excel. La fin de ce processus commence quand le poste calcul sélectionne un autre pylône puis refait les mêmes étapes.

7.2.2.3. Algorithme de validation, comparaison des résultats et affichage final

Une fois le balayage de la liste des pylônes s'effectue par le poste calcul. Les sorties de cette étape de l'algorithme global sont enregistrés temporairement sur des cellules Excel, ensuite elles sont transférées vers un processus de validation.

La validation d'un pylône s'effectue sur un critère de calcul. J'ai choisi comme critère de validation le rapport des contraintes

$$\frac{\sigma_{calculée}}{\sigma_{admissible}} \leq 1$$

Ce critère que j'ai explicité dans le chapitre 5, où j'ai donné les formules de vérification de la résistance des pylônes, et son intégration dans le programme a permis une filtration des pylônes qui ne satisfont pas les hypothèses de la configuration choisie à l'entrée.

En effet, un pylône où le rapport des contraintes est supérieur à 1 est directement rejeté par le programme. Schéma suivant explique la procédure de filtration :

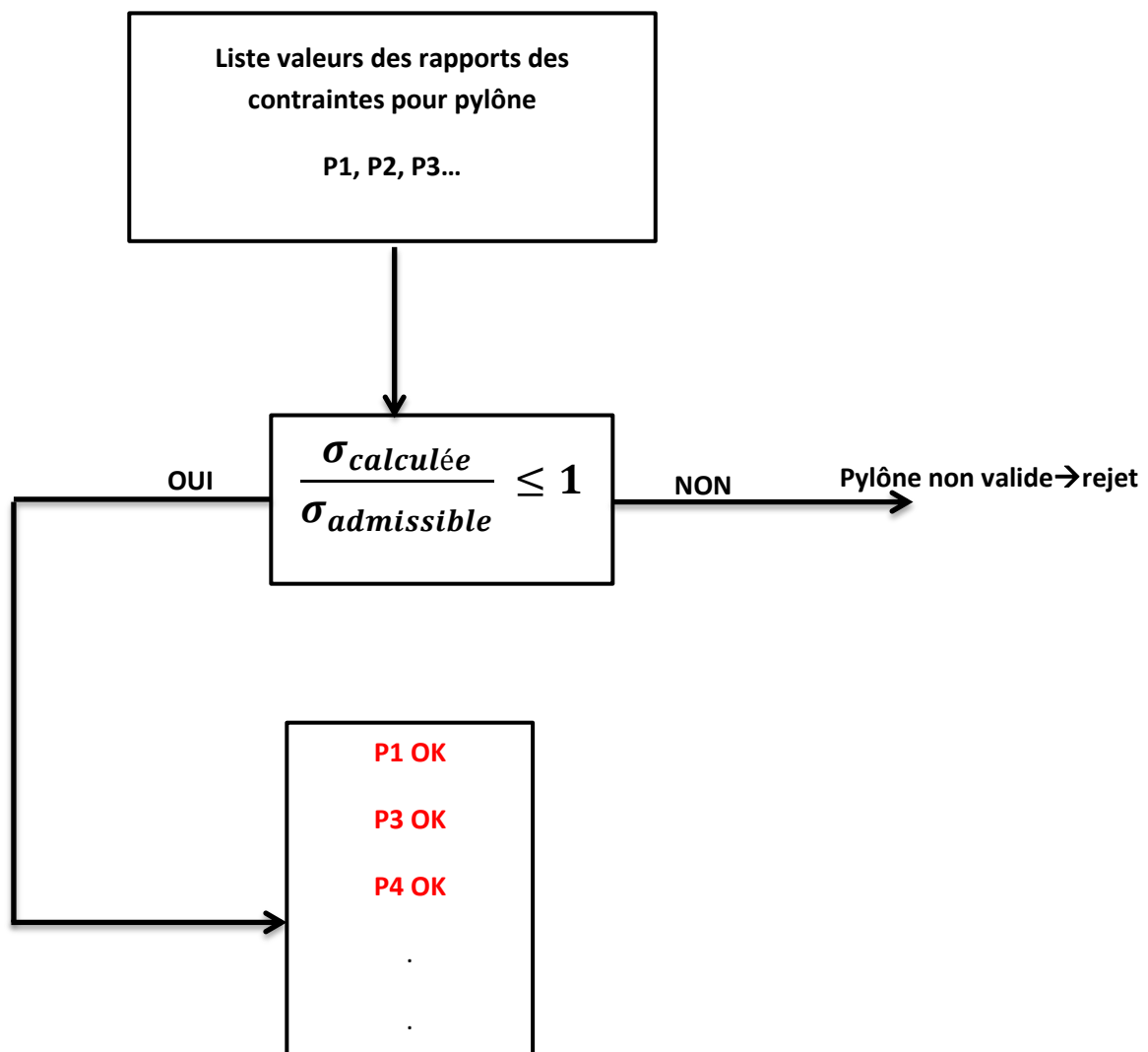


Figure 7.4 Algorithme de validation

Après cette étape de validation des pylônes satisfaisant le critère, ils passent par un processus de classement des résultats qui classe les pylônes selon la valeur du rapport. Un pylône ayant une valeur de rapport de contrainte largement inférieur à 1 est celui qui représente une bonne marge de sécurité. Autrement dit ,les pylônes soumis aux différents chargements et ayant un rapport très inférieur à 1 sont très performants en terme de résistance. Et que leur limite élastique est très loin vis-à-vis le chargement appliqué.

Ce poste de classement des pylônes les mieux adaptés est représenté dans l'exemple du schéma suivant :

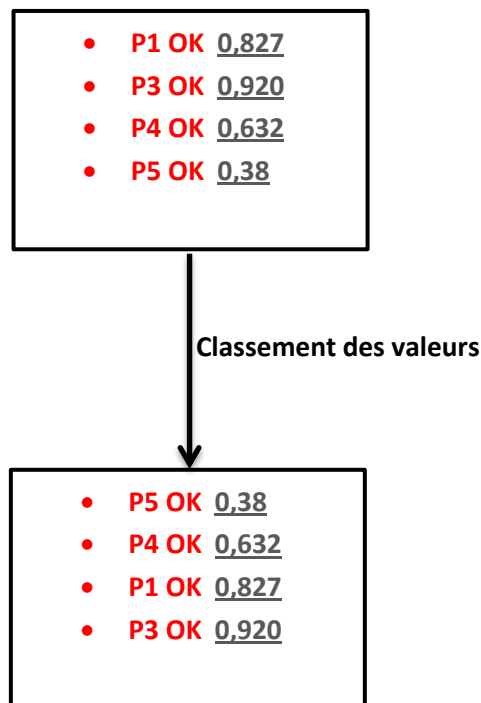


Figure 7.5 Algorithme de classement

L'affichage final donnera un classement des pylônes les mieux adaptés à la situation choisie sous les hypothèses considérées dans les entrées et qui représente une marge de sécurité importante vis-à-vis la limite élastique et sous le cas de chargement sélectionné. Autre sorties pour ces pylônes, sont leurs marge de sécurité en % et la flèche en tête en mm.

7.3.Développement des Interfaces utilisateurs en langage VBA

7.3.1. Les interfaces d'entrées

Afin de faire communiquer ces algorithmes de calcul aux utilisateurs et pouvoir faciliter le saisi continu des données, j'ai créé et développé des interfaces graphiques à l'aide de

langage VBA. Chaque interface est une liaison entre les données à entrer et les postes de calcul basés sur les algorithmes cités dans le paragraphe précédent.

Le programme VBA que j'ai conçu contient Cinq interface graphique , 4 interface permettant le saisi des entrées , soit manuel ou automatique et une finale interface pour afficher les résultats.

7.3.1.1. Données générales du projet :

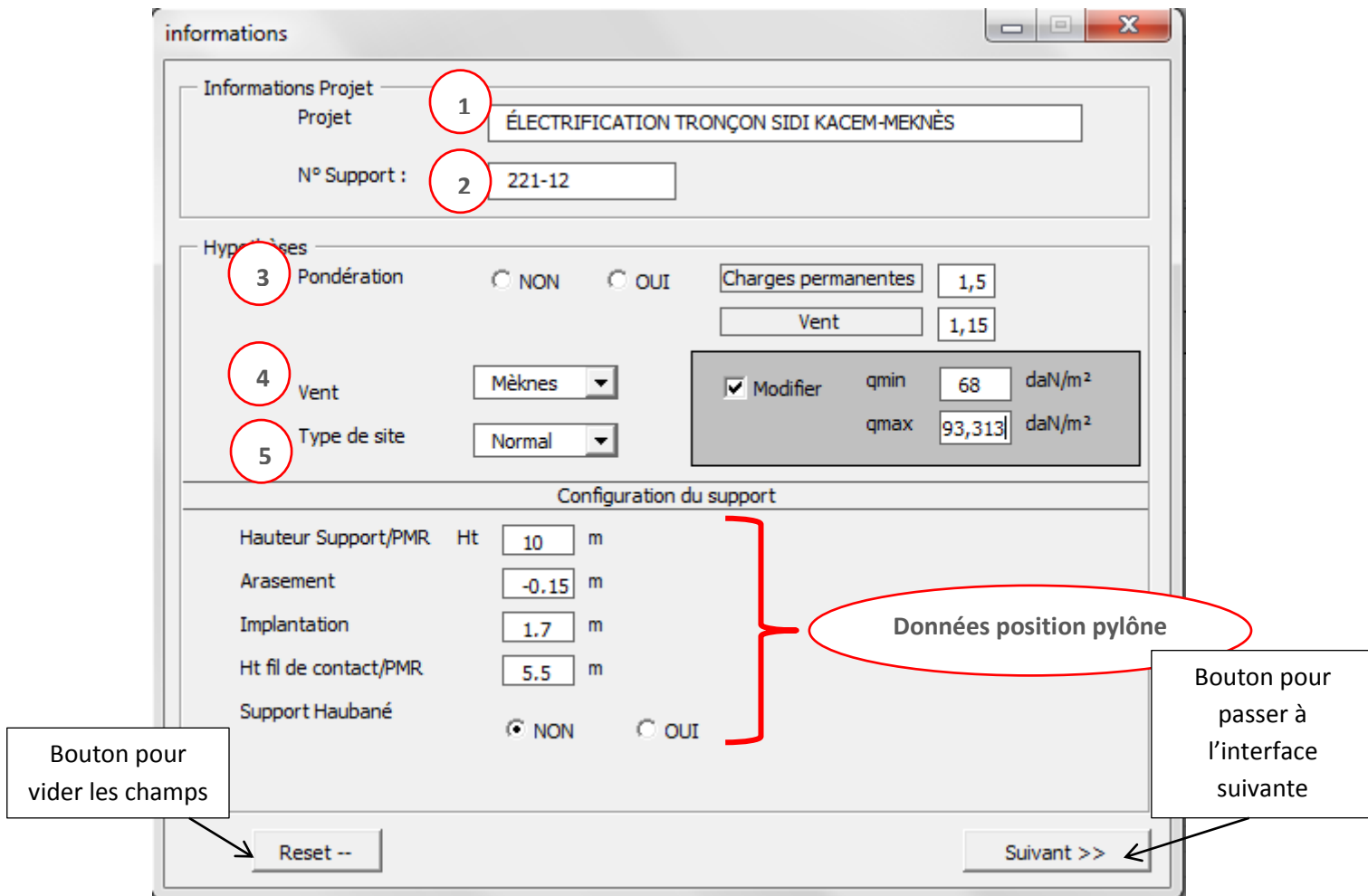


Figure 7.6 Interface graphique de saisi des informations liées au projet et aux conditions entourant le pylône

- 1 : Une identification du projet dans la feuille de calcul est nécessaire.
- 2 : Une référence pour le pylône
- 3 : Les pondérations pour les chargements (aux cas où elles sont imposées par le cahier des charges sinon elles prennent la valeur 1 par défaut)

4 : Une carte de vent avec des valeurs de pression a été générée et les valeurs des pressions (q_{max} et q_{min}) issues des statistiques de la direction nationale de la météorologie. Ces valeurs sont aussi modifiables.

5 : Une liste déroulante avec les différents types de site (normal, exposé, protégé)

7.3.1.2. Interface de choix de la configuration du pylône (suite) :

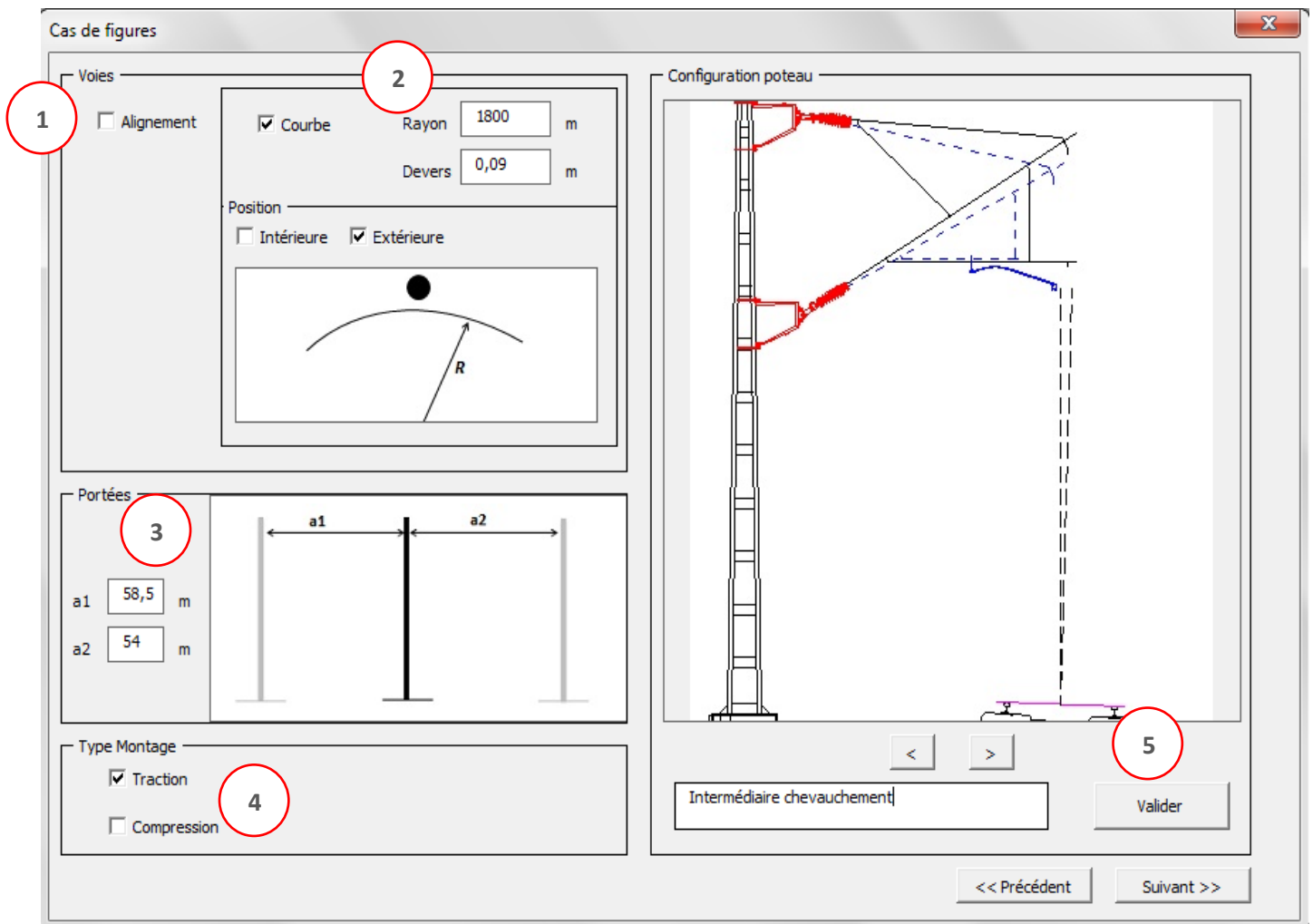


Figure 7.7 Sélection de la configuration du poteau

1 : Si le calcul du pylône doit se faire pour une position d'alignement des voies

2 : Si le calcul se fait en courbe, on doit préciser le rayon de la courbe pour avoir la valeur de l'angle de déviation. Aussi la valeur de l'inclinaison du plan moyen de roulement par rapport à l'axe horizontal que j'ai appelé le devers.

3 : Les valeurs de portées en amont et en aval

4 : Le type de montage (traction ou compression)

5 : Un défilement des cas de figure souvent utilisés dans les lignes ferroviaires. Avec un bouton de validation de choix pour alimenter directement des champs qu'on va voir dans l'interface suivante

7.3.1.3. Interface des équipements

Cette interface permet la sélection des équipements à considérer dans le montage. Le montage qu'on a validé avec l'interface précédente en choisissant un cas de figure.

Chaque équipement est donné sous une catégorie selon sa nature. Les valeurs de la position de chaque élément sont affichées automatiquement et directement dans les champs. Ces valeurs sont directement transférées vers les tableaux Excel de la fiche présentative des calculs et dans les feuilles intermédiaires

Catégories	Equipements	H/PMR (m)	dx (m)	dy (m)	Radiale d/ax (m)	Radiale d/ay (m)	Portée (m) ou Nbre éléments
Armement	Traverse supérieure de 1.00m	8.85	0.15	0.00	0.00	0.00	1
Caténaires	Porteur Cu 153 mm ² pendulé - 1400 daN régularisé	8.05	2.86	-0.50	0.031	0.00	56.26
Caténaires	2 Fils de contact Cu 107 mm ² - 2 x 1000 daN régularisé	6.65	2.86	-0.50	0.031	0.00	56.26
Armement	Armement isolé	7.70	1.43	-0.50	0.00	0.00	1
Caténaires	Porteur Cu 153 mm ² pendulé - 1400 daN régularisé	8.45	2.46	0.50	0.031	0.00	56.26
Caténaires	2 Fils de contact Cu 107 mm ² - 2 x 1000 daN régularisé	7.15	2.46	0.50	0.031	0.00	56.26
Armement	Armement isolé	7.70	1.23	0.50	0.00	0.00	1
Armement	Traverse inférieure de 1.00m	6.55	0.18	0.00	0.00	0.00	1
Câble de protection aérien	Câble du protection aérien Al-Ac 94.2 mm ²	7.50	-0.15	0.00	0.012	0.00	45

Figure 7.8 Interface de récapitule des liste des équipements affectés

7.3.1.4. Interface de sélection des pylônes à tester

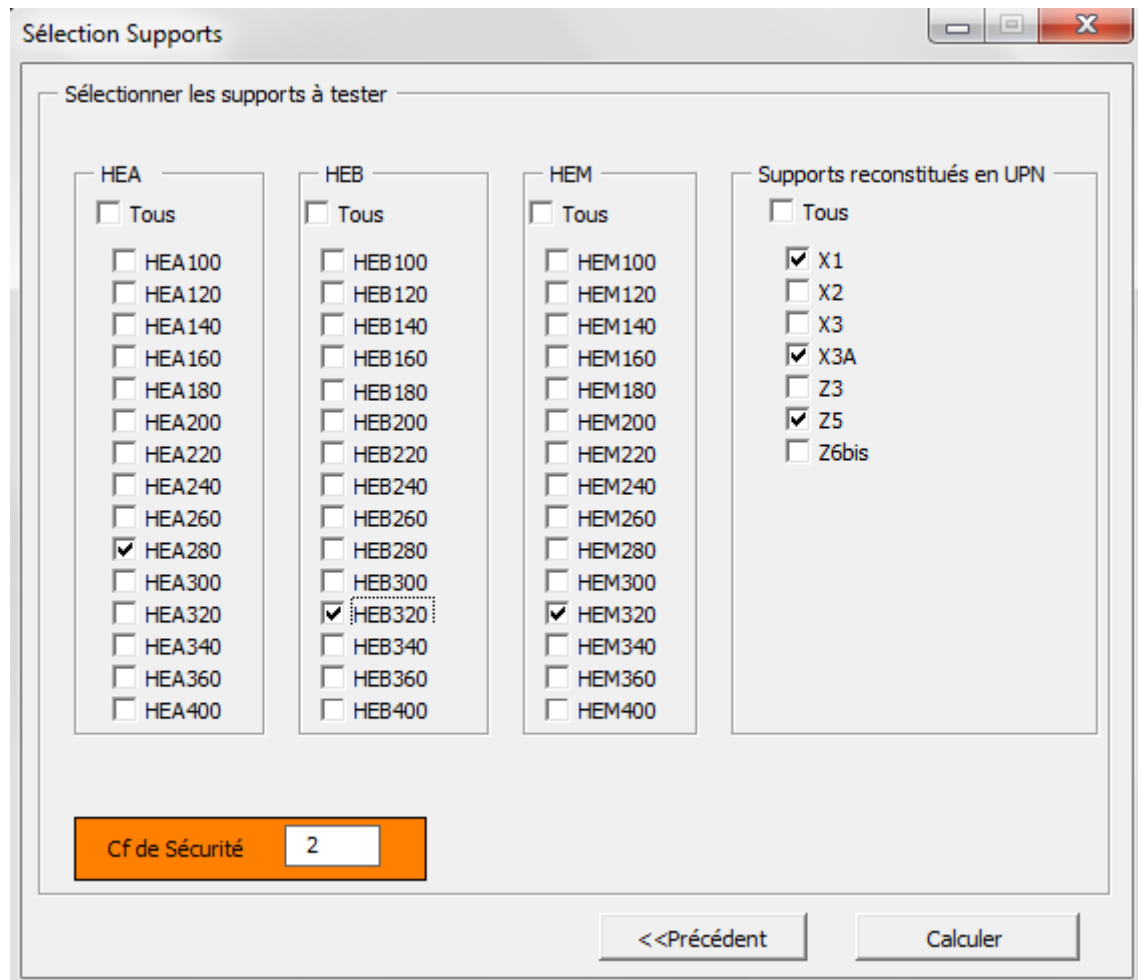


Figure 7.9 Interface de sélection des poteaux à tester

Cette interface permet de générer la liste des pylônes à tester et à valider. Une fois la case du pylône est cochée, il est automatiquement affecté à une liste de vérification et de validation, pour passer par les processus définis dans la partie précédente.

Cette interface contient une case pour saisir la valeur du coefficient de sécurité. Ce coefficient doit être défini par le cahier des charges du projet.

7.3.2. Interfaces résultats

7.3.2.1. Affichage des résultats

L'exécution des itérations de calcul se font à la base des algorithmes que j'ai cités. L'interaction entre les informations (bases de données, hypothèses, formules...) est effectuée par deux moyens :

- A. Le calcul sur les feuilles Excel puis affichage sur les interfaces graphiques
- B. Le calcul direct sur le programme sans faire appeler les cellules de calcul dans les classeurs

D'abord le programme donne les résultats résumés et organisés sur son interface finale de sortie, et laisse à l'utilisateur la liberté dans ses interprétations des résultats. L'affichage des valeurs de sorties reflète les critères de sélection et de classement des pylônes.

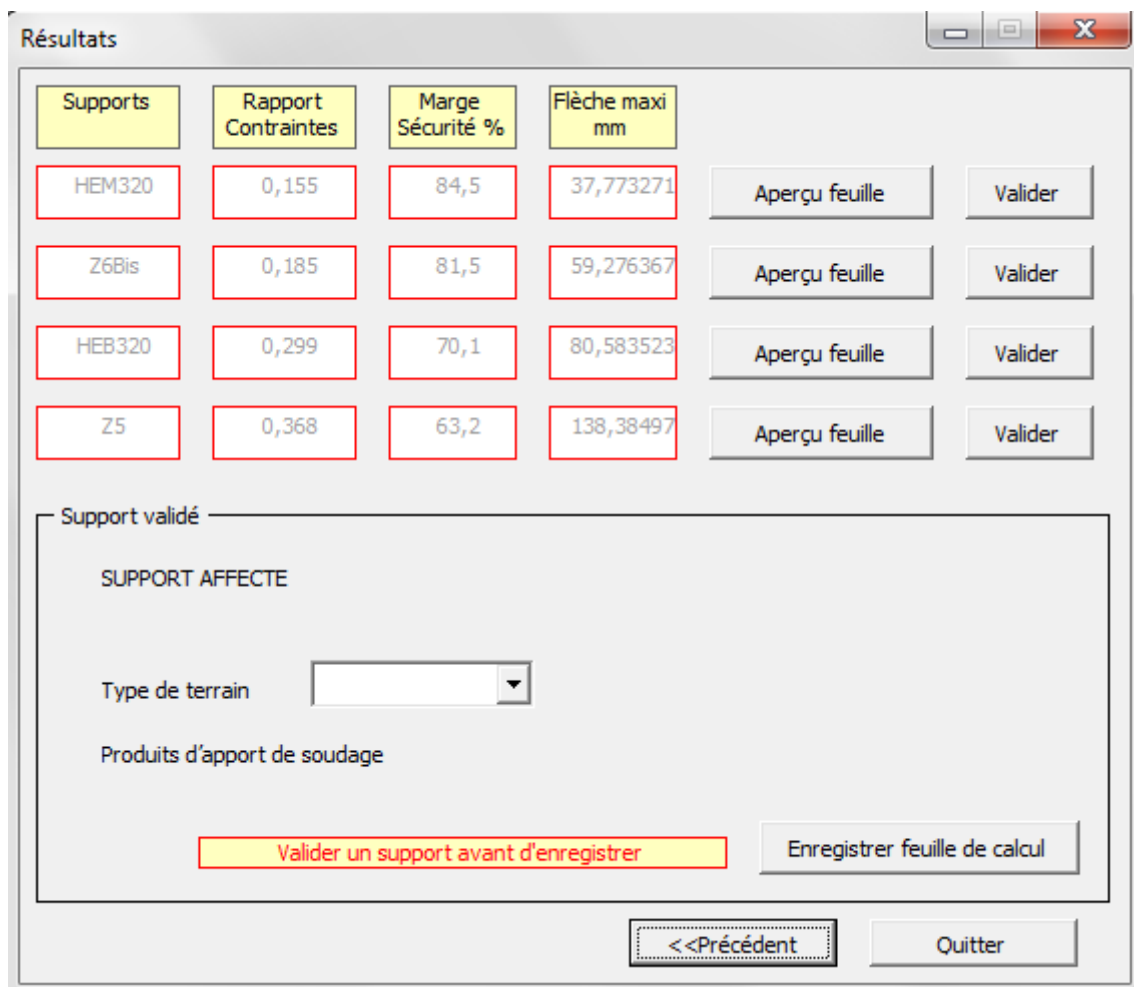


Figure 7.10 Interface des résultats

Comme mentionné dans la partie de présentation des algorithmes, l'interface résultat donne les quatre pylônes les plus adaptés à la configuration et au cas de figure sélectionné. Avec les valeurs des rapports de contraintes, marges de sécurité en % et la flèche en tête relative à chaque pylône.

Deux boutons d'aperçu et de validation des calculs .Le première permet de faire un aperçu des calculs sans valider le choix. Le deuxième bouton ajouté pour la validation de choix du pylône.

Une fois l'utilisateur valide le pylône il s'affiche en jaune dans le tableau que j'ai appelé « Support Validé »

Puis une liste déroulante des types de terrain où le pylône va être installé pour lui affecté le massif adéquat.

Le choix du massif se base sur le processus suivant :

- Validation du pylône
- Sélection du type de terrain
- Détection de la valeur du moment transmis au sol (encastrement)
- Déplacement et recherche du massif adéquat dans la base de données des massifs en fonction de la valeur du moment

The screenshot shows a software window titled "Résultats" with a table of support data and a "Support validé" section. The table has four columns: "Supports", "Rapport Contraintes", "Marge Sécurité %", and "Flèche maxi mm". Each row represents a different support type with its corresponding values and two buttons: "Aperçu feuille" and "Valider". The "Z6Bis" row is highlighted in yellow, indicating it is the selected support. Below the table, the "Support validé" section shows "SUPPORT AFFECTE" set to "Z6Bis", a "Type de terrain" dropdown menu with options "Déblai", "Remblai", and "Quai", and a red warning message "Valider un support avant d'enregistrer".

Supports	Rapport Contraintes	Marge Sécurité %	Flèche maxi mm	Aperçu feuille	Valider
HEM320	0,155	84,5	37,773271	Aperçu feuille	Valider
Z6Bis	0,185	81,5	59,276367	Aperçu feuille	Valider
HEB320	0,299	70,1	80,583523	Aperçu feuille	Valider
Z5	0,368	63,2	138,38497	Aperçu feuille	Valider

Support validé

SUPPORT AFFECTE: Z6Bis

Type de terrain: [Déblai, Remblai, Quai]

Produits d'apport de s: []

Valider un support avant d'enregistrer

Enregistrer feuille de calcul

<<Précédent Quitter

Figure 7.11 Affectation de massif pylône validé

Un bouton d'enregistrement automatique de la feuille permet de faire une copie de la feuille Excel dans l'emplacement du programme avec les indices qui identifient la référence du pylône. Puis un message de confirmation de l'enregistrement s'affiche

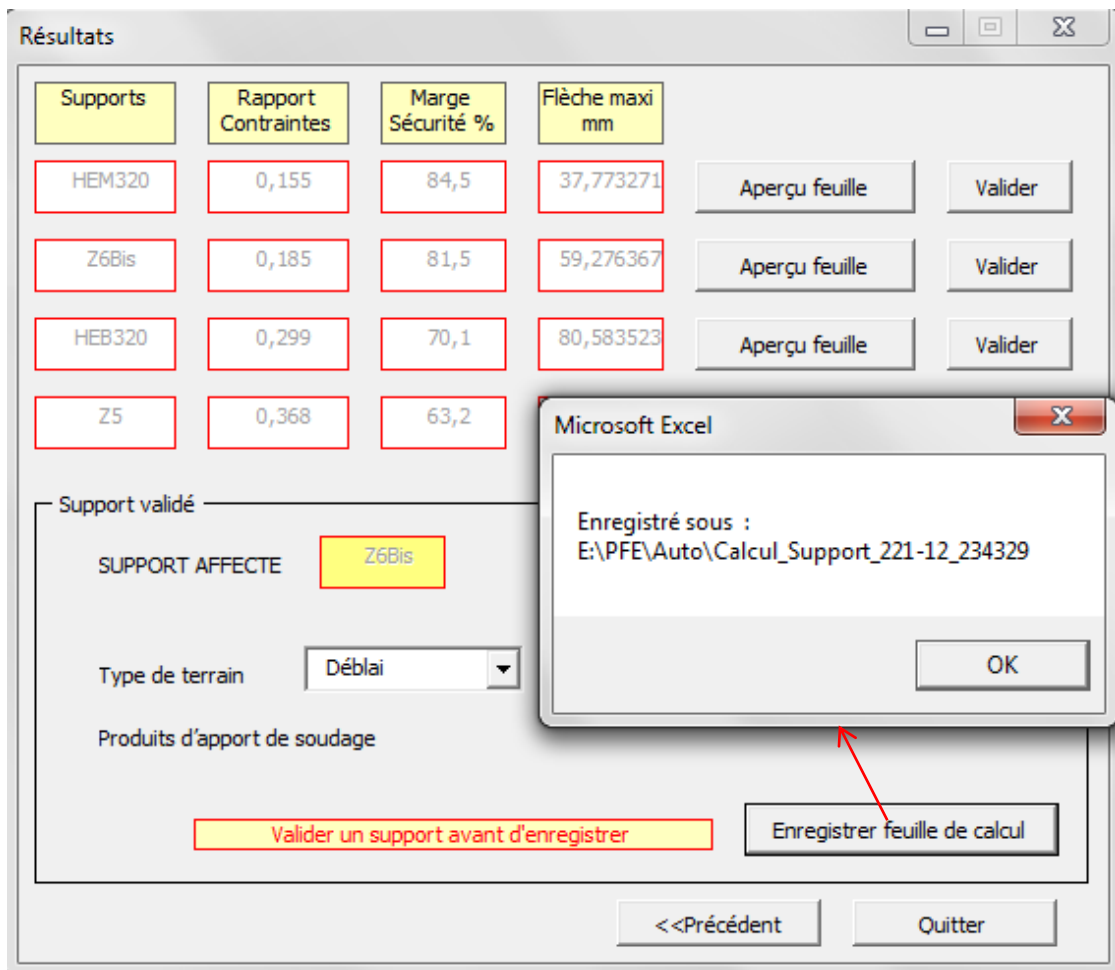


Figure 7.12 Enregistrement automatique de la feuille de calcul

7.3.2.2. La feuille de calcul finale :

La feuille de calcul du pylône choisi est celle présentée dans le chapitre VI avec les mêmes tableaux. L'enregistrement de cette feuille se fait dans l'emplacement du programme

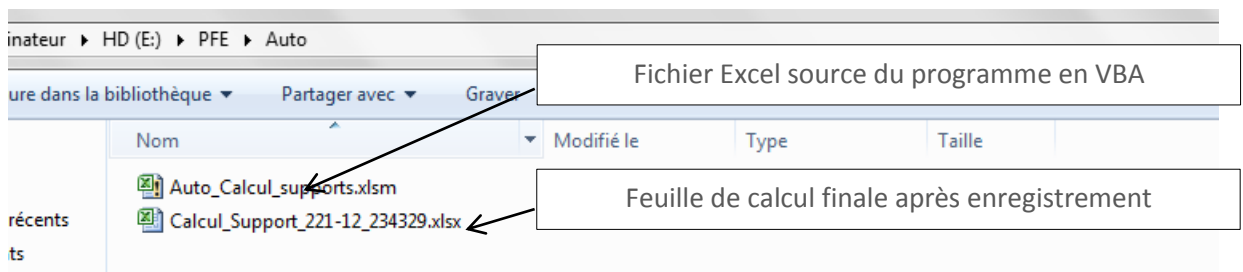


Figure 7.13 Emplacement du fichier Excel des calculs de sorties

Avec la même référence du pylône que voulais vérifier à l'avant.

Et voici la feuille de calcul finale affichant les notes de calcul du pylône sélectionné et qui vérifie les critères de résistance.

- Partie qui renseigne les entrées (configuration, équipements...)

CONFIGURATION DU SUPPORT	Caractéristiques des équipements															
	caracteristiques dimensionnelles						Réf.	Caractéristiques mécaniques								
	H'/PM R (m)	dx (m)	dy (m)	Radiale d'ax	Radiale d'ay	portées moy. ou Nb d'élémt'		Désignation	Poids (kg/m ou kgs)	Tension +20 °C avec vent (daN)	Tension +20 °C sans Vent (daN)	Tension -10 °C avec Vent (daN)	Tension -10 °C sans Vent (daN)	Vent L +20 °C (daN/m ou daN)	Vent H +20 °C (daN/m ou daN)	
Type du support	Z6Bis	8,85	0,15	0,00	0,00	0,00	1	A	Traverse supérieure de 1,00m	22	0	0	0	0	16	0
Support reconstruité (O/N)	N	8,05	2,86	-0,50	0,031	0,00	56,26	B	Porteur Cu 153 mm pendulé - 1400 daN régularisé	1,555	1400	1400	1400	1400	1,515	0
	UPN200	6,65	2,86	-0,50	0,031	0,00	56,26	C	2 Fils de contact Cu 107 mm ² - 2 x 1000 daN régularisé	1,864	2000	2000	2000	2000	2,003	0
H' support / PMR (m)	10	7,70	1,43	-0,50	0,00	0,00	1	D	Armement isolé	60	0	0	0	0	0	30
		8,45	2,46	0,50	0,031	0,00	56,26	E	Porteur Cu 153 mm pendulé - 1400 daN régularisé	1,555	1400	1400	1400	1400	1,515	0
Arasement (m)	-0,15	7,15	2,46	0,50	0,031	0,00	56,26	F	2 Fils de contact Cu 107 mm ² - 2 x 1000 daN régularisé	1,864	2000	2000	2000	2000	2,003	0
		7,70	1,23	0,50	0,00	0,00	1	G	Armement isolé	60	0	0	0	0	0	30
Implantation (m)	1,70	6,55	0,18	0,00	0,00	0,00	1	H	Traverse inférieure de 1,00m	22	0	0	0	0	16	0
		7,50	-0,15	0,00	0,012	0,00	45,000	I	Câble de protection aérien Al-Ac 34,2 mm ²	0,433	384	800	1274	1271	1,145	0
H' contacts / PMR (m)	5,50							J								
Supp. haubané (O/N)	N							K								
H' hauban / PMR (m)								L								
Angle Hauban/supp. (°)								M								
								N								
								O								
								P								
								Q								
								R								
								S								
								T								

- Partie Calcul des sollicitations :

Calcul des sollicitations

VENT SOUFLANT PERPENDICULAIREMENT AUX VOIES

VENT SOUFLANT PARALLÈLEMENT AUX VOIES

Efforts horizontaux									Ref.	Efforts horizontaux						Efforts verticaux			
↓ aux voies				H aux voies						H aux voies			↓ aux voies			Efforts verticaux			
Tension		Vent (+/-)		Tension		M3x				Tension		Vent (+/-)		Tension		M3x			
F1x	M1x	F2x	M2x	F1y	M1y	M3x	C	M3y		F1y	M1y	F2y	M2y	F1x	M1x	M3x	C	M3y	
(daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(m.daN)	(daN)	(m.daN)	(m.daN)	
0	0	16	144	0	0	3,3	22	0	A	0	0	0	0	0	3,3	22	0	0	
43,4	355,88	85,234	698,92	0	0	250,21	87,484	-43,74	B	0	0	0	0	43,4	355,88	250,21	87,4843	-43,74215	
62	421,6	112,69	766,28	0	0	299,92	104,87	-52,43	C	0	0	0	0	62	421,6	299,92	104,86864	-52,43432	
0	0	0	0	0	0	85,8	60	-30	D	0	0	30	235,5	0	85,8	60	30	-30	
43,4	373,24	85,234	733,01	0	0	215,21	87,484	43,74215	E	0	0	0	0	43,4	373,24	215,21	87,4843	43,74215	
62	452,6	112,69	822,63	0	0	257,98	104,87	52,434	F	0	0	0	0	62	452,6	257,98	104,86864	52,43432	
0	0	0	0	0	0	73,8	60	30	G	0	0	30	235,5	0	73,8	60	30	30	
0	0	16	107,2	0	0	3,96	22	0	H	0	0	0	0	0	3,96	22	0	0	
11,808	90,331	51,525	394,17	0	0	-2,923	19,485	0	I	0	0	0	0	9,6	73,44	-2,923	19,485	0	
									J										
									K										
									L										
									M										
									N										
									O										
									P										
									Q										
									R										
									S										
									T										
									Support										
222,61	1693,7	479,37	3666,2	0	0	1187,3	1649,2	0		0	0	60	471	220,4	1676,76	1187,3	1649,1659	0	0

- Partie résultats :

Actions au niveau de l'encastrement du support								
HYPOTHÈSES DE CALCUL * Pression de vent MAX daN/m ² à la température moyenne de +20°C *								
VENT SOUFFLANT PERPENDICULAIREMENT AUX VOIES				VENT SOUFFLANT PARALLÈLEMENT AUX VOIES				
Direction support vers voies		Direction voies vers support		Direction kilomètre croissant		Direction kilomètre décroissant		
⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	
EFFORT TRANCHANT (daN)	936	0	-491	0	221	591	221	-591
MOMENT (m.daN)	7733	0	-1971	0	2865	3166	2865	-3166
CHARGE VERTICALE (daN)	1310		1310		1310		1310	

Calcul de la flèche Maximale au niveau de la tête du support				
HYPOTHÈSES DE CALCUL * Pression de vent MAX daN/m ² à la température minimum de -10°C *				
VENT SOUFFLANT PERPENDICULAIREMENT AUX VOIES		VENT SOUFFLANT PARALLÈLEMENT AUX VOIES		
Direction support vers voies	Direction voies vers support	Direction kilomètre croissant	Direction kilomètre décroissant	
Flèche Tête Support (mm)	160,904	73,289	43,960	43,960
Dépointage tête (Deg)	1,508	1,433	1,344	1,344

Calcul Rapports des contraintes													
PROPRIETES MECANIQUES DU SUPPORT SELECTIONNE													
Type	h (mm)	b (mm)	P (kg/m)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _x /h _x (cm ³)	I _y (cm ⁴)	I _y /h _y (cm ³)	I _x moyen (cm ⁴)	J (cm ⁴)	r _y (daN/mm ²)	r _x (daN/mm ²)	Coef ₄
25	500,00	220,00	75,00	74,80	#####	1573,32	5380,00	490,00	23952,60	0,00	23900000		2

RAPPORTS DES CONTRAINTES & VERIFICATION RESISTANCES A L'ENCASTREMENT														
HYPOTHÈSES DE CALCUL * Pression de vent de 22,72 daN/m ² à la température minimum de -10°C *														
VENT SOUFFLANT PERPENDICULAIREMENT AUX VOIES				VENT SOUFFLANT PARALLÈLEMENT AUX VOIES										
Direction support vers voies		Direction voies vers support		Direction kilomètre croissant		Direction kilomètre décroissant								
⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	⊥ aux voies	// aux voies	
Rapports des contraintes	0,432		0,121		0,719		0,719							

7.3.2.3. Test de performance du programme VBA

Pour valider la performance de mon programme, on m'a demandé de faire une comparaison des choix de pylône d'un ancien projet avec ceux donnés par le programme VBA.

Les critères de comparaison étaient des tableaux d'affectation de pylône pour un ancien projet. Annexe 10.

Un tableau contenant 225 pylône pour terrain remblai et déblai

Et un tableau avec 225 pylônes pour la gare Quai



Tous les pylônes choisis, pour les 9 configurations qu'on a souvent à utiliser dans les lignes aériennes de contact, sont valide, c'est-à-dire affichés dans les cases des résultats.

Les valeurs des rapports de contrainte montrent l'adaptation et la cohérence des résultats obtenus.

L'utilisateur a les choix aussi de valider un seul pylône qu'il voit adaptable à la situation.

Des rectifications sur le calcul des flèches ont donné des résultats concrets de tel sorte que cette flèche ne dépasse pas le 1,5%.

Conclusion

Cet outil informatique va permettre au Bureau d'étude à Cegelec de faire leurs propres notes de calcul en interne sur les pylônes des lignes aérienne de contact. La version expliquée dans ce chapitre est propre aux pylônes pour les lignes caténaire qui traite les poteaux de types (H, X et Z). Une éventuelle version pour les mâts des projets tramway est en cours de réalisation et qui contiendra les extensions des vérifications sur l'ensemble des points que j'ai cités dans le chapitre 5.

Cet analyse et étude des poteaux a permis une excellente compréhension des comportements de ces mâts face aux chargements qui aussi dépendent des conditions d'utilisation et d'exploitation. L'installation des éléments supportant les lignes d'alimentation électrique dans les voies ferrées n'est pas arbitraire est nécessite de longues études et calculs pour choisir aux bons emplacements les bons éléments.

Les chapitres qui vont suivre, vont traiter l'aspect économique des projets LAC .Après avoir vu et étudié l'aspect technique, le recours au complément économique de ces projets devient une nécessité afin de comprendre le cadre général et les flux des Inputs et Outputs au Centre d'Activité Ferroviaire et Urbain. En effet les deux prochains chapitres traiteront l'ensemble des opérations et activités au cours d'exécution des projets. Le travail demandé dans cette phase est d'analyser les différents composants demandant des coûts et qui ont un impact sur le budget global du projet. Aussi chercher un outil adéquat permettant de renseigner ces coûts pour toutes les phases du projet (études ,fourniture ,Travaux).