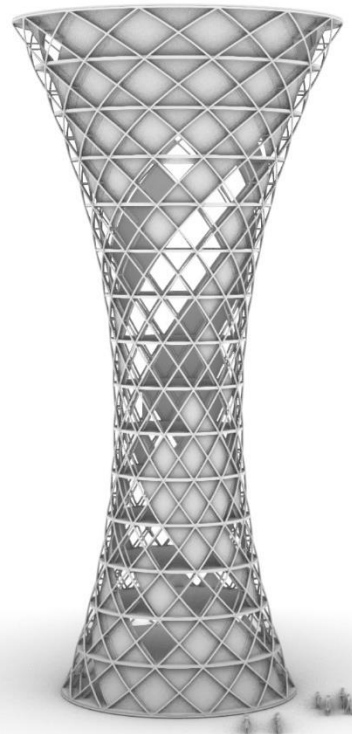


Programme ‘Conception Papillon’

Création d’un outil permettant un apport de connaissances aux concepteurs dans les phénomènes de vent, dans le cadre de son élaboration de la conception schématique pour un bâtiment de moyenne hauteur.



« Conception Papillon »

Parce que la passion ne vient pas par hasard... Fils d'architecte, dès mon plus jeune âge, je préférais construire avec des Légo, des K'nex et des Kapla plutôt que de rester devant la télévision.

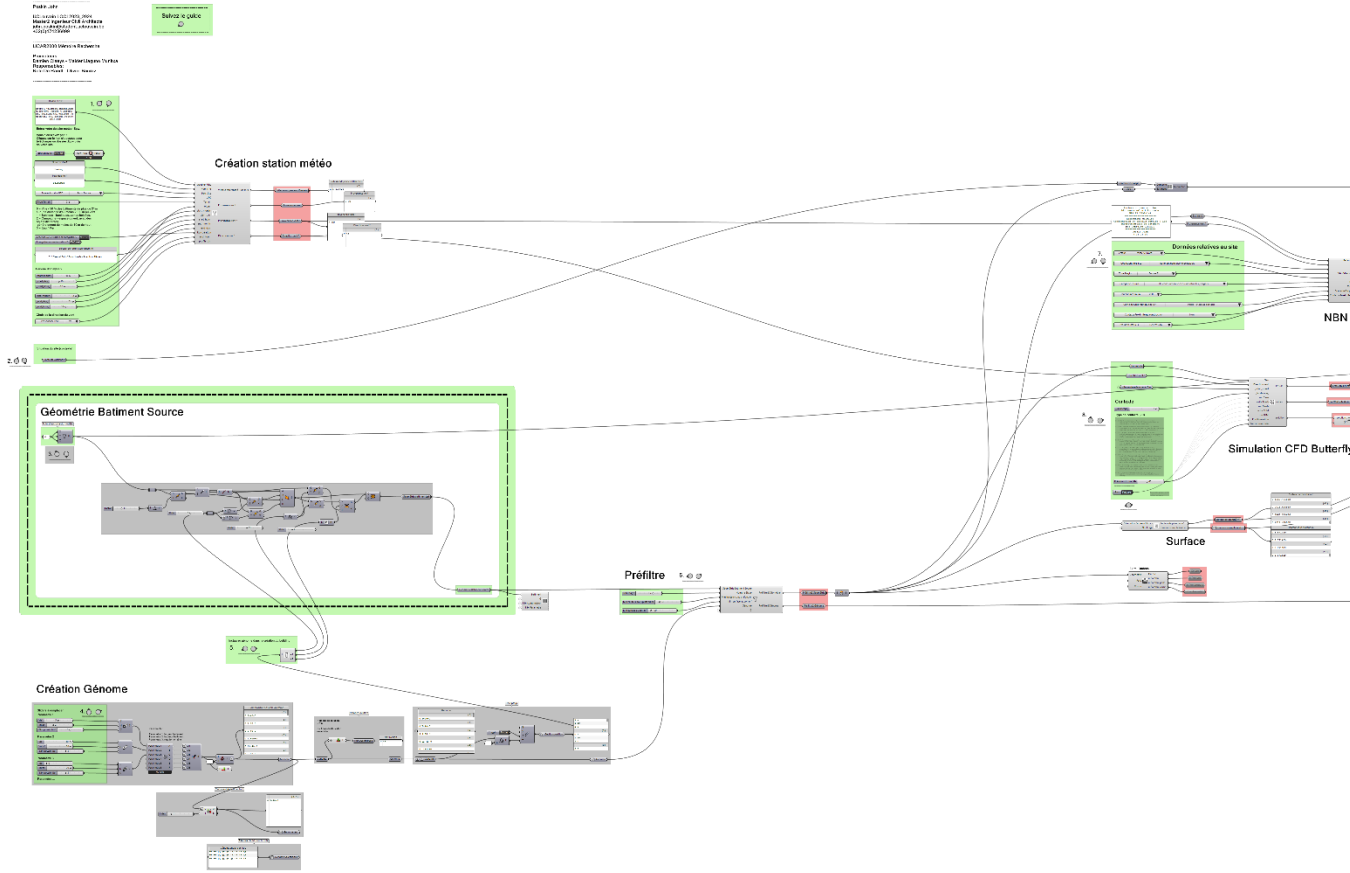
Les années ont passé, rien ne m'obligeait à prendre le chemin de la conception de lieux et de bâtiments. Malgré une approche des études plutôt mathématique, il était clair que ma place était déjà trouvée. Les pièces et les outils ont changé, mais l'esprit de construire toujours plus haut est bien resté.

John

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 2 |
| SÉCURITÉ / AVERTISSEMENTS | 3 |
| INSTALLATION | 4 |
| RHINOCÉROS | 4 |
| PLUGINS GRASSHOPPER | 4 |
| LADYBUG BUTTERFLY | 4 |
| OPENFOAM | 4 |
| COMPOSITION | 5 |
| CONCEPTION PAPILLON | 7 |
| SIMULATION BUTTERFLY..... | 8 |
| NBN EUROCODE1 | 9 |
| UTILISATION | 11 |
| DÉMARRAGE | 11 |
| LE LOGICIEL « CONCEPTION PAPILLON »..... | 13 |

Conception "Papillon"



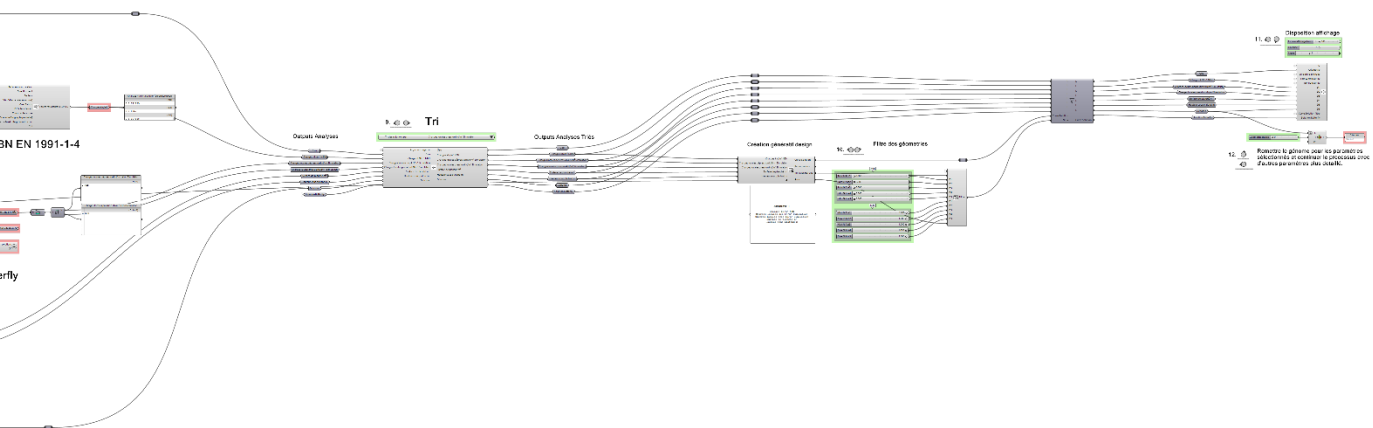


Figure 1 Définition algorithmique du logiciel
 Conception Papillon, conçu de manière
 paramétrique dans Grasshopper

Introduction

Le programme de conception Papillon a été créé pour faciliter l'accessibilité de l'étude des vents dans la phase de préconception pour les architectes et les ingénieurs. Il offre un processus de conception paramétrique avec Grasshopper pour les bâtiments de grande hauteur, fortement sollicités par les efforts du vent. L'outil aide le concepteur dans ses choix de forme, dans l'étude du contexte et dans la compréhension du phénomène naturel.

Plusieurs programmes sont proposés pour orienter le concepteur vers une géométrie optimale, sans laisser l'informatique décider de la forme définitive. Une interprétation informatique de l'Eurocode 1 Partie 1-4 « Actions du vent sur les bâtiments » est fournie. Ce premier programme permet la visualisation directe des sections et des forces sur l'objet étudié et suit une logique de calcul par étapes mathématiques. Les régions des différentes forces appliquées sont détaillées et peuvent être téléchargées sous forme de tableau Excel.

Une simulation complète par le solveur informatique OpenFoam est disponible avec un second programme. Celui-ci reprend la base du plugin Butterfly développé par Ladybug, ce qui lui confère une bonne compatibilité avec d'autres plugins classiques de la plateforme. Les sorties du logiciel incluent les pressions sur les parois et la vitesse du vent à des points définis par l'utilisateur (hauteur d'un piéton, balcon, etc.).

Le programme principal de l'outil réside dans la conception par « Generative Design » : il analyse et propose les meilleures solutions en fonction des paramètres présents pour la conception. Le concepteur peut créer une station météo sur un emplacement spécifique avec l'appui de données déjà cataloguées. Il incorpore sa conception structurelle et place l'outil de génération sur les paramètres souhaités. Le programme calcule ensuite les arguments liés au vent, qui influencent la conception des bâtiments de grande hauteur, grâce aux sous-programmes fournis en parallèle. Des préfiltres et filtres peuvent être appliqués pour réduire le nombre de designs possibles. L'affichage des résultats par l'interface Rhinocéros permet de choisir et d'analyser visuellement les données compilées.

Sécurité / Avertissements

Les différents programmes sont destinés aux architectes, ingénieurs, entrepreneurs et professionnels du bâtiment lors de la phase de préconception. Ils ne remplacent pas une étude de simulation en soufflerie ou par calcul de dynamique des fluides (CFD) réalisée lors de l'étude complète de l'édifice.

Le code est sous forme de programmation visuelle avec Grasshopper. Il est entièrement open source sous certaines conditions d'utilisation. Sa version actuelle peut rencontrer certains problèmes liés à une utilisation spécifique de l'outil. Il est important de se référer à ce guide d'utilisation pour une exploitation optimale des programmes. Si vous rencontrez des difficultés dans son utilisation ou que vous faites face à certains bugs, veuillez-vous adresser à l'adresse mail suivante afin de proposer une solution ou d'améliorer le programme.

La version actuelle est la V0.1. Des modifications et des mises à jour peuvent être appliquées afin d'améliorer les performances des outils proposés.

Personne responsable du développement :

Poskin John

Etudiant en Master, UClouvain

john.poskin@student.uclouvain.be

Installation

Une série de programmes annexes est nécessaire pour faire fonctionner le logiciel sur votre ordinateur. Veuillez vérifier que vous les avez téléchargés avant l'utilisation. Aucune exigence minimale de performance n'est demandée pour les caractéristiques de l'ordinateur.

Rhinocéros

Disponible sur le site : <https://www.rhino3d.com/fr/> Cette interface de dessin assisté par ordinateur (DAO) est facilement téléchargeable, toutefois l'achat d'une licence est requis lors du téléchargement. Une version d'essai gratuite de 30 jours peut être activée pour chaque adresse mail. Son module annexe, Grasshopper, est directement inclus dans l'interface lors de l'installation et ne nécessite pas de manipulations supplémentaires.

Plugins Grasshopper

Certaines extensions offrent des outils plus variés que les fonctions géométriques de base fournies par Grasshopper. Elles sont nécessaires pour des actions plus spécifiques dans les programmes. La lecture et l'écriture de fichiers Excel, le téléchargement de fichiers EPW, certaines divisions de surface et l'affichage d'éléments sont fournis par Bufferfish, Lunchbox, Karamba et Bifocal. Vous pouvez trouver ces différents plugins sur la plateforme de téléchargement gratuite Food4Rhino via le lien suivant : <https://www.food4rhino.com/fr> .

Ladybug Butterfly

Le programme de référence pour la simulation de fluide rapide (FFD) est garanti par la suite Ladybug. Elle comprend un sous-programme Butterfly basé sur le langage C++. La plateforme de Rhinocéros propose également son téléchargement. Plus d'informations peuvent être trouvées sur la page officielle de Ladybug : <https://www.ladybug.tools/index.html#header-slide-show>.

OpenFOAM

Ce solveur numérique est disponible sous forme de logiciel informatique à télécharger localement sur : <https://www.openfoam.com/>. Un guide d'installation détaillé avec les différentes étapes à suivre est fourni. Un autre logiciel, BlueCFD-Core2017, est également nécessaire pour fournir un terminal de calcul. Ces deux outils sont indispensables pour exécuter les simulations de vent dans Butterfly.

Composition

L'ensemble de l'outil de conception repose sur trois programmes principaux liés à l'étude du vent. Des programmes annexes permettent également de calculer la structure du bâtiment une fois qu'une géométrie globale en bois a été définie, ainsi que la création et la prise d'informations météorologiques sur le site étudié. Des exemples de conception paramétrique avec Grasshopper sont annexés pour faciliter la prise en main des programmes principaux. Leur complexité évolue en fonction des paramètres développés et de la précision des objets de structure.

Par convention, les éléments en vert sont destinés à l'utilisateur et aux différents paramètres de son modèle. Aucune connaissance ni action de codage visuel ou de script informatique n'est nécessaire pour une bonne utilisation. Les éléments grisés représentent les différentes étapes de calcul pour aboutir aux éléments marqués en rouge, qui représentent les résultats bruts calculés. Chaque manipulation peut être observée sur l'interface graphique de Rhinocéros. Lors du démarrage du programme, aucune géométrie n'est contenue dans les paramètres par défaut.

Liste des programmes¹ :

Conception Papillon

Simulation Butterfly

NBN Eurocode1

Structure bâtiment bois

Exemple de conception paramétrique

¹ Ils peuvent être téléchargés et utilisés par demande écrite à john.poskin@student.uclouvain.be ou par le lien : https://uclouvain-my.sharepoint.com/:f:/t/personal/john_poskin_student_uclouvain_be/Documents/Uclouvain/M2%20LocI/Memoire/2.1%20Programmes/Poskin%20John%2029611800%20M%C3%A9moire%20VF?csf=1&web=1&e=9noFee

Conception Papillon

La structure du programme est composée de plusieurs phases : la création de la station météo, l'introduction de la géométrie dans le design génératif, le calcul des simulations de vent, le filtrage des choix et l'affichage des données.

Le programme est axé sur la création par l'analyse. L'utilisateur est guidé à travers différentes étapes pour comprendre les simulations de vent. Les conditions aux limites des simulations sont encodées par défaut en suivant les expériences menées durant le développement du programme. Il est conçu de manière à laisser les termes techniques et les calculs complexes à l'ordinateur, permettant ainsi à l'utilisateur de profiter d'une conception sans nécessiter de connaissances spécifiques dans le domaine.

Un guide est présent tout au long du développement, permettant à l'utilisateur de passer à l'étape suivante sans avoir à naviguer dans le code lui-même. Un bouton pour revenir à l'étape précédente est également disponible s'il souhaite modifier une donnée déjà encodée.

L'interface Rhinocéros offre une visualisation continue de l'évolution de la géométrie. Il est possible de télécharger son travail une fois terminé sous deux formes différentes :

- Un fichier .Epw contenant les données liées à la station météorologique du site.
- Une géométrie dans Rhinocéros via la fonction "bake" de Grasshopper. Il est alors possible d'enregistrer le document au format .dxf, .3dm, .pdf ou .dwg.

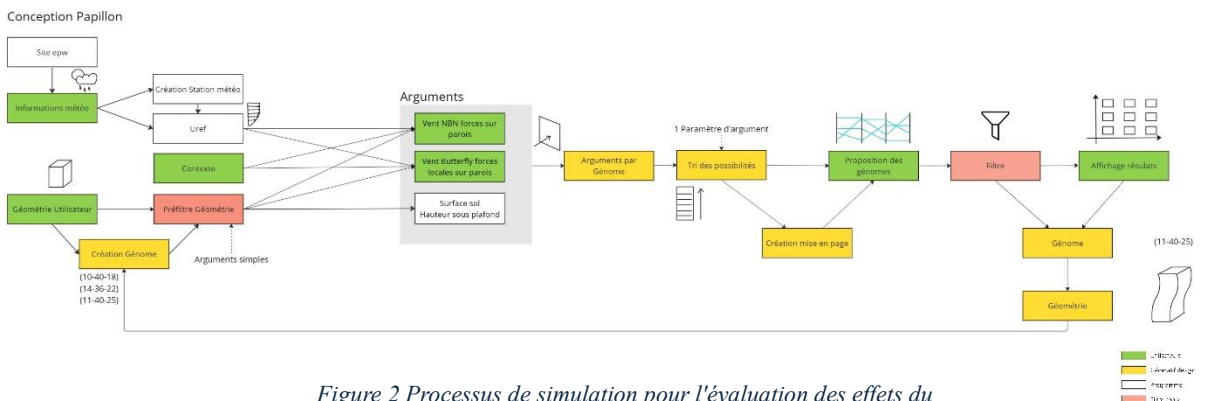


Figure 2 Processus de simulation pour l'évaluation des effets du vent sur les structures, création d'un design génératif par le logiciel Conception Papillon

Simulation Butterfly

Le logiciel fait partie de la catégorie des fluides rapides (FFD), offrant une simplification des données dans la simulation du vent pour obtenir des résultats rapides. Son taux de concordance avec une simulation par CFD est de 85% à 90%, selon la taille des contextes sélectionnés.

Le processus de calcul n'est pas interactif ; une fois les données d'entrée encodées, les résultats sont générés automatiquement. Il se présente sous une version simplifiée de type "Cluster unique".

Sa base de calcul s'appuie sur OpenFOAM, BlueCFD-Core2017 et Butterfly. Les différents langages informatiques sont simplifiés et ne demandent pas de connaissances approfondies dans ce domaine. Les unités utilisées sont le mètre et la seconde, qui doivent correspondre dans votre fichier Rhinocéros.

Lors de l'utilisation, un terminal s'ouvre en parallèle du logiciel, contenant toutes les informations utiles sur la résolution de l'équation de Navier-Stokes par l'ordinateur. Aucune action n'est à réaliser pendant le calcul. Il est conseillé de ne pas fermer la fenêtre du terminal, sous peine d'endommager votre ordinateur ou d'obtenir un résultat de calcul erroné.

Le temps de calcul varie entre 30 secondes et 3 minutes par géométrie implantée, avec un maximum de 50 formes à analyser simultanément. Ce paramètre temporel peut changer en fonction de la précision demandée par l'utilisateur. Un réglage est disponible, avec une échelle de 40 à 100.

Les résultats obtenus peuvent être téléchargés sous forme de données Excel, rendus compatibles avec le plugin LunchBox. Les résultats géométriques obtenus sont affichés dans l'interface de Rhinocéros de l'utilisateur.

Argument Butterfly

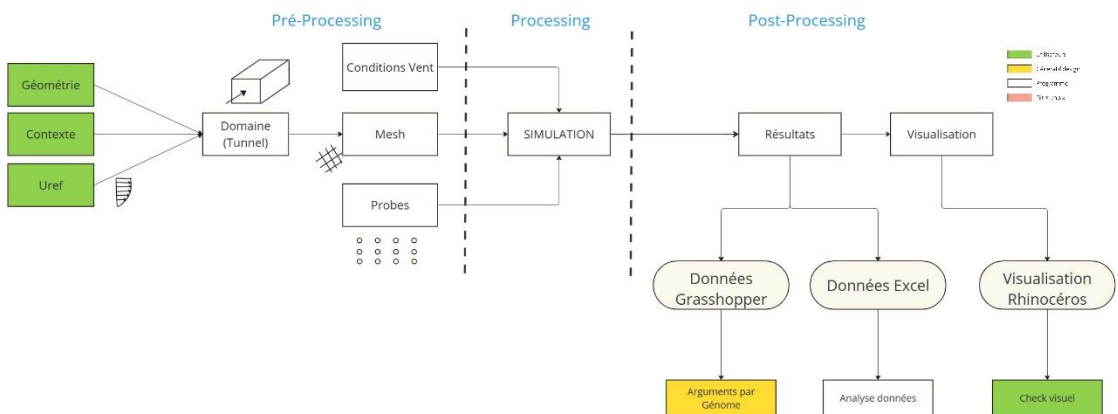


Figure 3 Schéma de processus général des plugins CFD

NBN Eurocode1

Le logiciel reprend principalement les calculs présentés dans l'Eurocode 1 partie 1-4 "Actions du vent sur les bâtiments". La méthode de raisonnement suit les recommandations de la norme européenne pour un bâtiment à toit plat ou un bâtiment avec toiture à deux versants.

L'ensemble de la détermination des coefficients liés au vent est proposé sous forme de liste à choix unique. La topographie, le contexte alentour et les caractéristiques du vent sont traduits par le programme pour obtenir un profil de vent de référence.

La géométrie et le contexte peuvent être importés directement depuis l'interface de Rhinocéros vers le programme via l'option "Set one Geometry", un emplacement particulier leur est dédié. Le modèle actuel comprend le calcul de bâtiments à toit plat et à deux versants, d'autres seront ajoutés lors du développement de la prochaine version.

Le temps de calcul est court car le programme fonctionne en interne et ne fait pas appel à d'autres plugins. Sa résolution varie entre 2 à 3 secondes.

Les résultats générés par le programme peuvent être observés sur la géométrie de référence avec des vecteurs de force selon leur direction et leur intensité. La détermination des C_{pe10} , C_{pe1} et C_{pi} pour les différentes régions peut être importée vers Excel, une mise en page est proposée mais l'utilisateur peut changer le format si nécessaire. Les forces sont générées pour des calculs à l'état limite de service (ELS) et ultime (ELU) où intervient le vent.

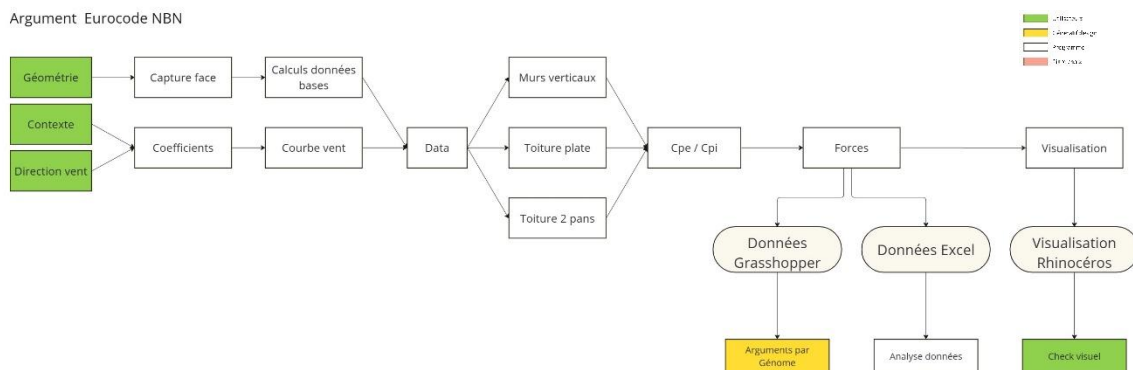
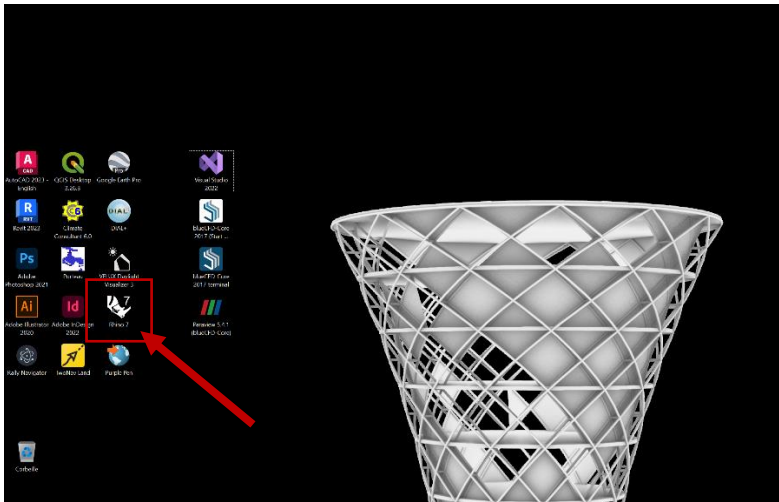


Figure 4 Processus de simulation pour l'évaluation des effets du vent sur les structures, par le sous-programme NBN

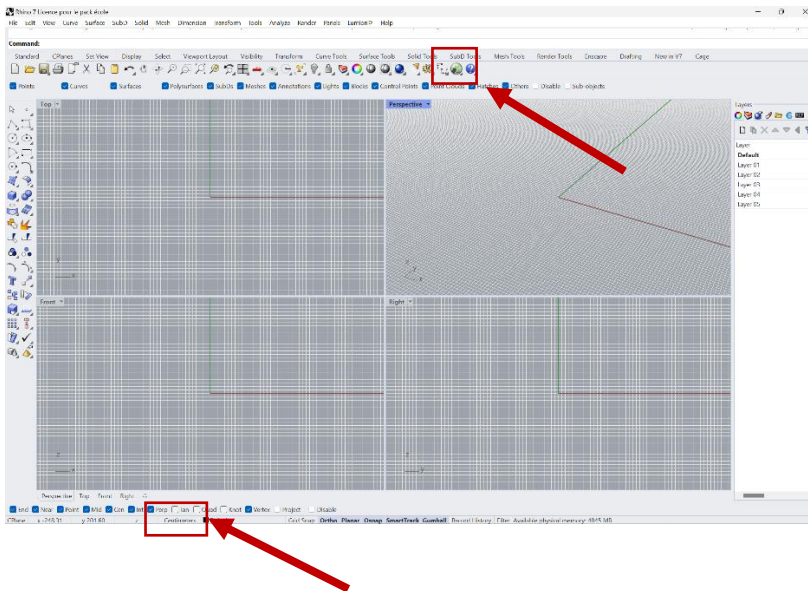
Utilisation

Démarrage

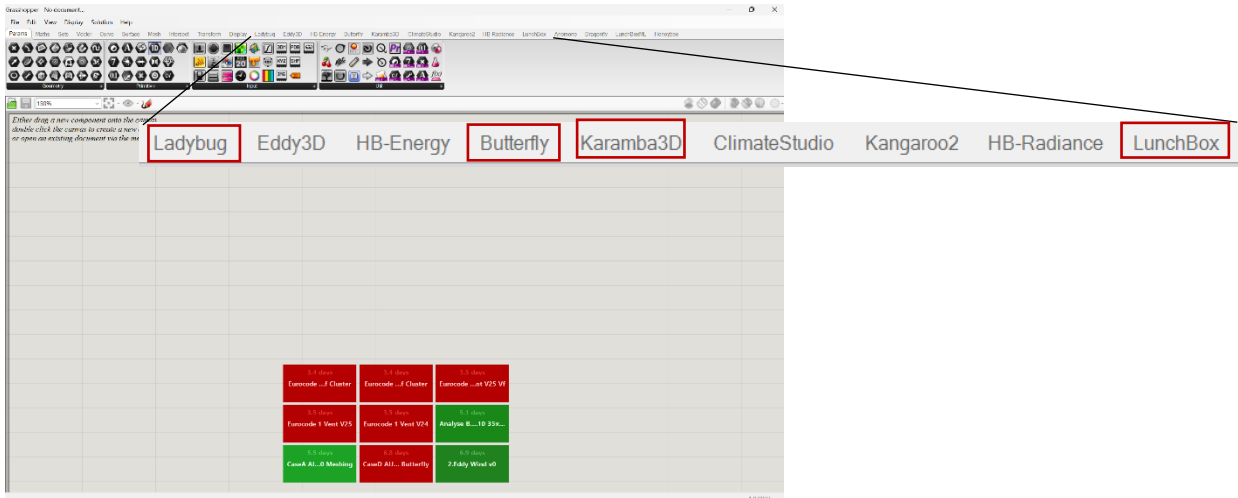
Après avoir téléchargé les différents programmes requis, double-cliquez pour ouvrir l'application Rhino 7 sur votre bureau. Il peut également être situé dans la liste des logiciels contenus dans votre ordinateur. Les autres programmes n'ont pas besoin d'être ouverts pour l'utilisation. L'interface des quatre fenêtres Rhino apparaît.



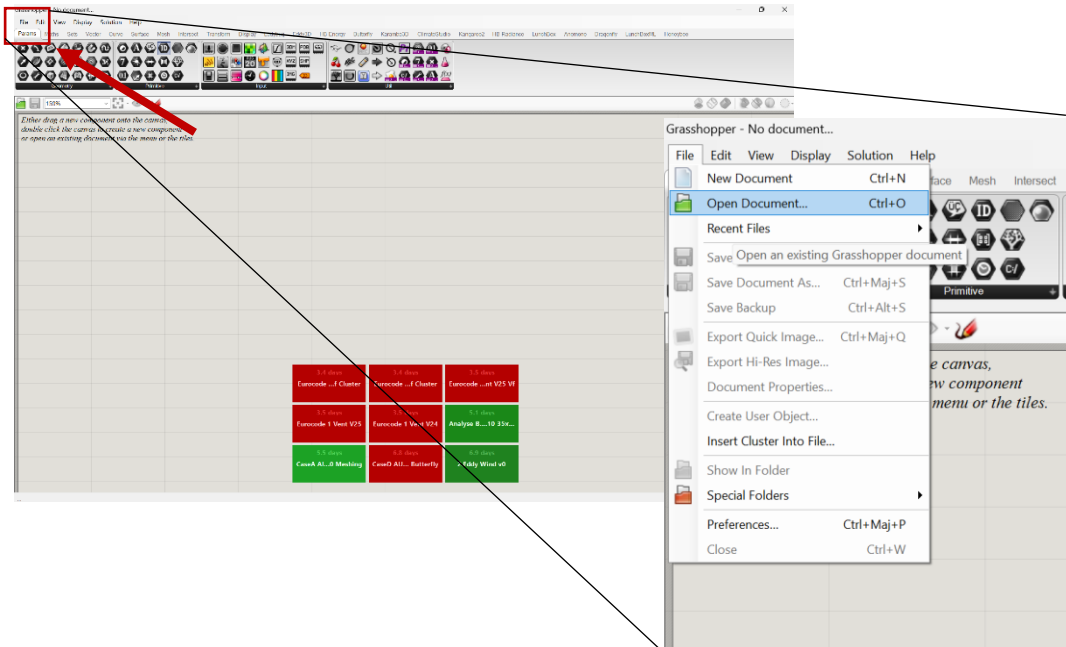
Vérifiez la position de l'échelle en mètres. Elle peut être modifiée en faisant un clic droit > Unit Settings > Mètres. Sélectionnez l'onglet Grasshopper pour lancer le programme. Une fenêtre de chargement apparaîtra puis laissera place à l'interface spécifique de Grasshopper.



Assurez-vous que les plugins sont installés dans les outils de la plateforme. De nombreuses vidéos explicatives sont disponibles pour l'installation, fournies par les différentes sociétés responsables.

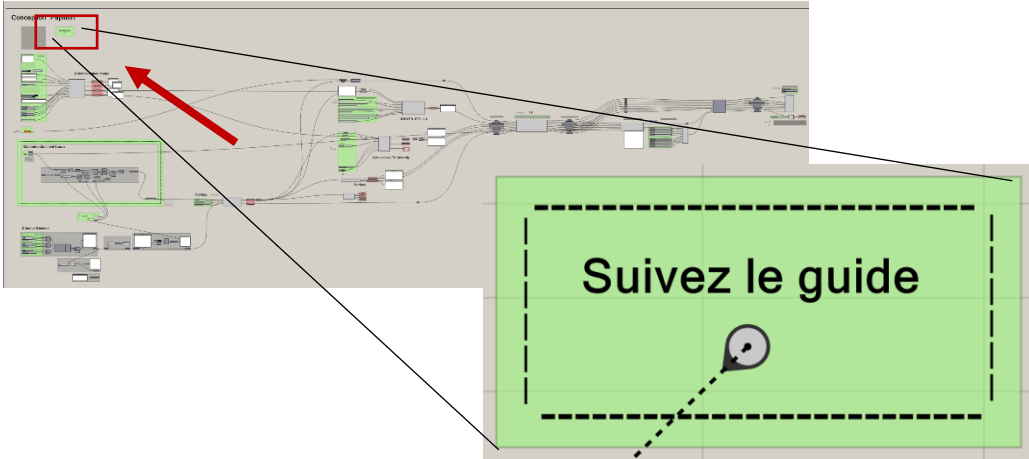


Sélectionnez >File>Open Document... pour ouvrir le logiciel de votre choix. Après quelques secondes, l'interface du logiciel "Conception Papillon" apparaîtra. Utilisez le clic droit enfoncé pour vous déplacer dans le programme et la roulette pour zoomer.

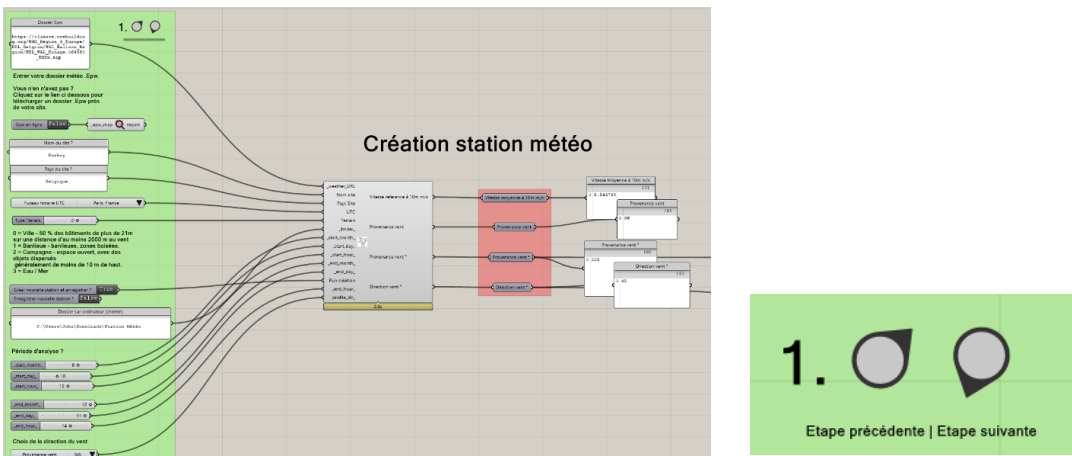


Le logiciel « conception Papillon »

Dirigez-vous vers le début du programme, situé en haut à gauche de votre écran. Trouvez l'inscription "Suivez le guide". Cela vous indiquera le point de départ du processus. Cliquez sur la flèche située en dessous pour accéder à la première étape.



Chaque étape suit le même raisonnement. Chaque entrée est annotée d'un texte d'aide pour vous accompagner tout au long du processus. Les encadrements verts sont réservés à la modification des paramètres disponibles. Vous pouvez observer les calculs dans les zones grisées, et enfin les résultats qui sont obtenus (en rouge). Modifiez les paramètres de la station météorologique selon votre site.



Vous pouvez vous déplacer d'une étape à une autre grâce aux flèches de direction.

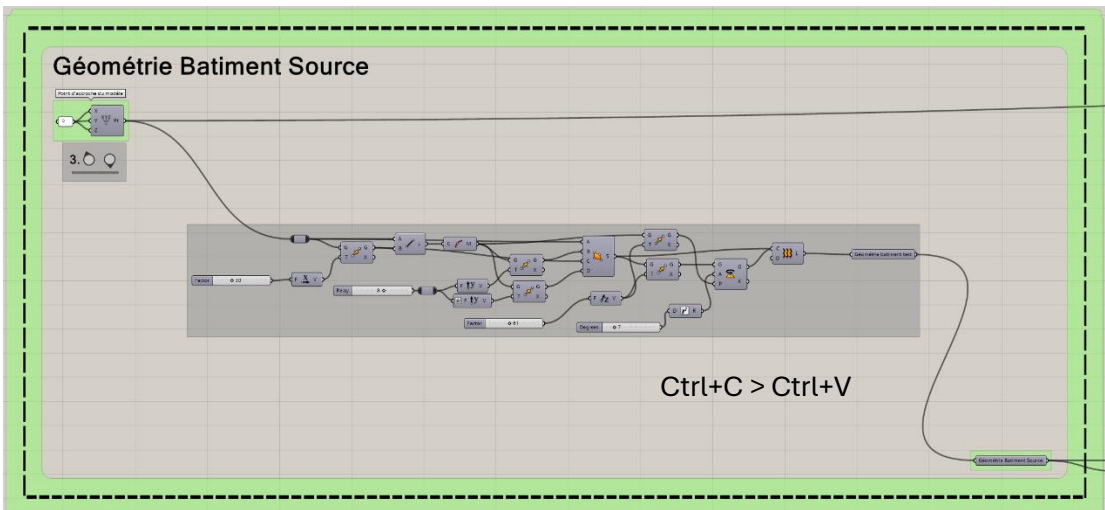
Les zones blanches de texte peuvent être modifiées par un double clic gauche. Les boutons "True/False" changent lors d'un double clic sur la valeur. Des curseurs permettent de changer des valeurs numériques prédéfinies. Enfin, les listes à choix sont disponibles en cliquant sur le triangle. Il est possible de visualiser les données météo ainsi que la courbe du vent sur l'interface Rhinocéros..

À l'étape 2, vous pouvez importer la géométrie du contexte. Elle peut être créée par l'utilisateur via les outils Grasshopper ou sélectionnée parmi les formes disponibles dans un fichier DXF, 3DM ou DWG.

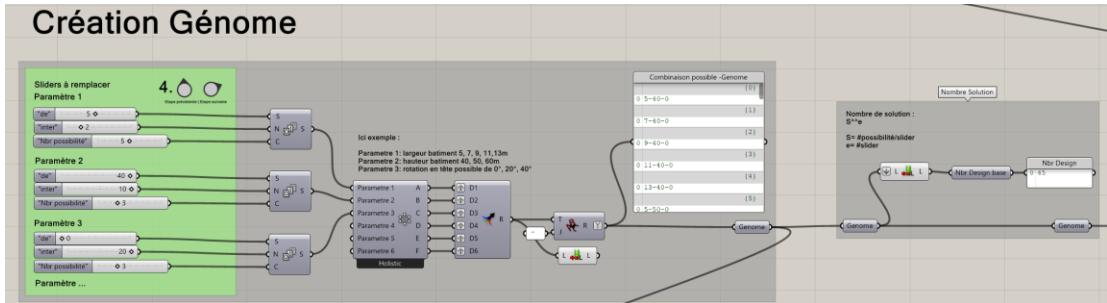
Pour sélectionner une forme à partir d'un projet existant, ouvrez l'interface Rhinocéros en sélectionnant >File>Open.>. Choisissez votre dossier contenant la géométrie. Vérifiez que cette opération n'a pas modifié l'échelle de votre fichier. Il doit être sur 'Mètres' pour que le programme capture les bonnes dimensions. Revenez dans le logiciel "Conception Papillon". La géométrie peut alors être sélectionnée en effectuant un clic droit > Set One Geometry > puis en cliquant sur la géométrie sur Rhinocéros > Enter. La boîte contenant la géométrie de votre contexte passera de orange à grise si elle a été encodée correctement.



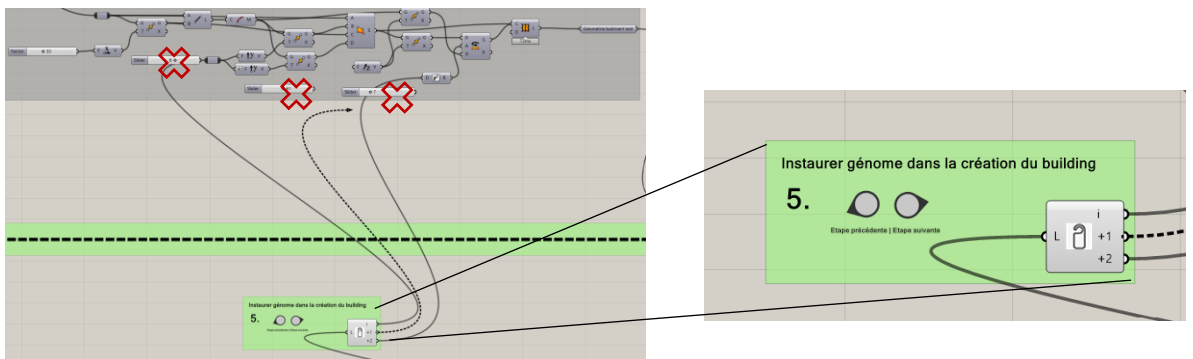
À l'étape 3, vous devez incorporer la géométrie paramétrique à étudier. Le code peut être créé dans le logiciel Grasshopper en amont, puis copié-collé dans le cadre prévu à cet effet. Pour ceux qui ne sont pas familiers avec les programmes paramétriques, des exemples de géométries sont disponibles dans le dossier annexé aux programmes. Une géométrie Rhino peut également être importée de la même manière qu'à l'étape 2, puis être modifiée à l'aide des outils simples de transformation du support. Les paramètres apportés doivent inclure ceux qui seront développés par la suite.



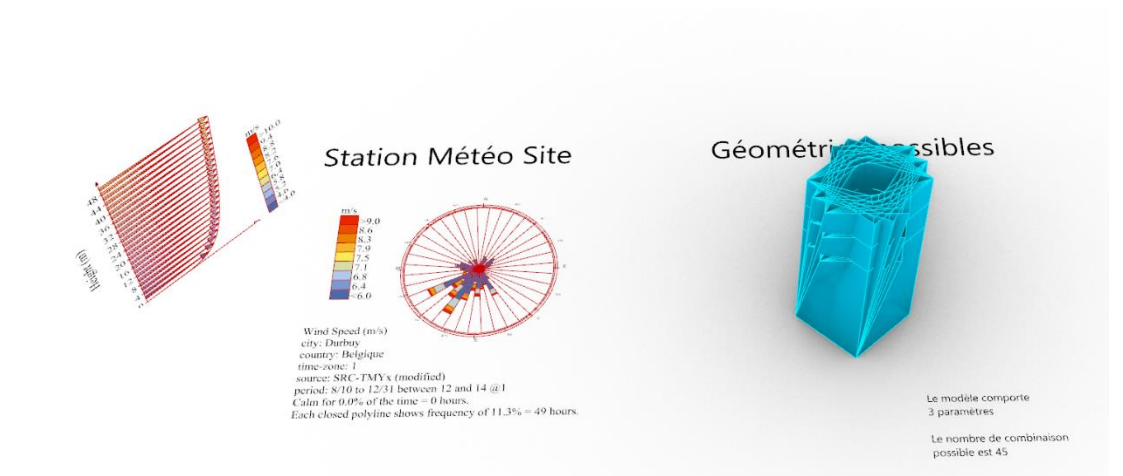
À l'étape 4, l'utilisateur doit choisir les différents paramètres qu'il souhaite étudier et fournir les valeurs possibles que ces derniers peuvent prendre. Pour la première version du logiciel, un maximum de 50 combinaisons est pris en charge. Un calcul rapide du nombre de possibilités est effectué pour vous indiquer le nombre de géométries testées.



L'étape suivante consiste à intégrer les paramètres précédemment encodés dans votre géométrie. Pour cela, vous disposez d'un grapin qui se relie aux paramètres étudiés. L'échange entre les curseurs numériques de votre conception se réalise en joignant, par un clic gauche enfoncé, les sorties du grapin aux boîtes receveuses.



La visualisation des géomes de votre géométrie peut être faites dans l'interface ©Rhincéros.



Arrive la première étape de prise de décision par le concepteur, où un préfiltre de ses géométries peut être appliqué. Les critères de sélection sont ceux régulièrement rencontrés dans le domaine de la conception : la superficie au sol (en m²) et la hauteur sous plafond offerte par les espaces (en mètres). Le nombre de géométries enlevées s'affiche dans l'interface visuelle. Pour ce préfiltre, le programme demande le nombre de niveaux/étages que vous désirez.

Préfiltres

Utilisation du préfiltre : Oui

Hauteur sous plafond minimum : 5.8 m
Géomes enlevés : 30 sur 45 restants

Surface de planché minimum : 2500 m²
Géomes enlevés : 6 sur 15 restants

---> il reste 9 géomes

Le volet sur la géométrie du bâtiment est terminé et l'ensemble des paramètres ont été encodés dans le logiciel. Pour les deux étapes suivantes, il s'agit d'entrer les caractéristiques pour les simulations de vent. L'étape 6 concerne l'implémentation du logiciel relatif aux normes, et l'étape 7 concerne le logiciel de CFD.

Une fois les différents critères remplis, l'utilisateur peut activer les simulations en plaçant le bouton « Run » sur True. Cette étape de calcul prend environ 30 à 50 secondes par géométrie, en fonction de la précision demandée à la simulation et de la complexité des formes étudiées. Plusieurs fenêtres de terminal vont apparaître : ne les fermez pas manuellement ! Le programme s'arrête automatiquement quand les calculs sont finis.

Controle résidus simulation

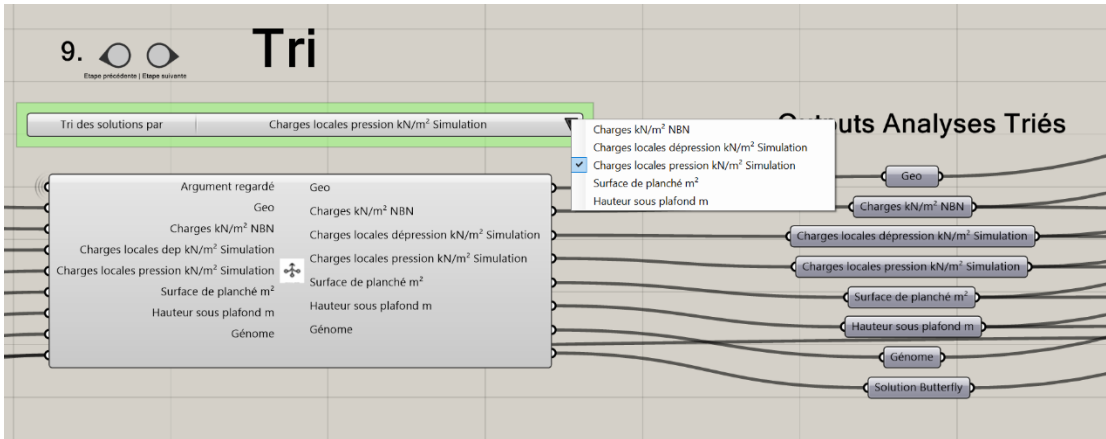
La simulation de vent a été calculé pour 9 cas

Le modèle converge ?

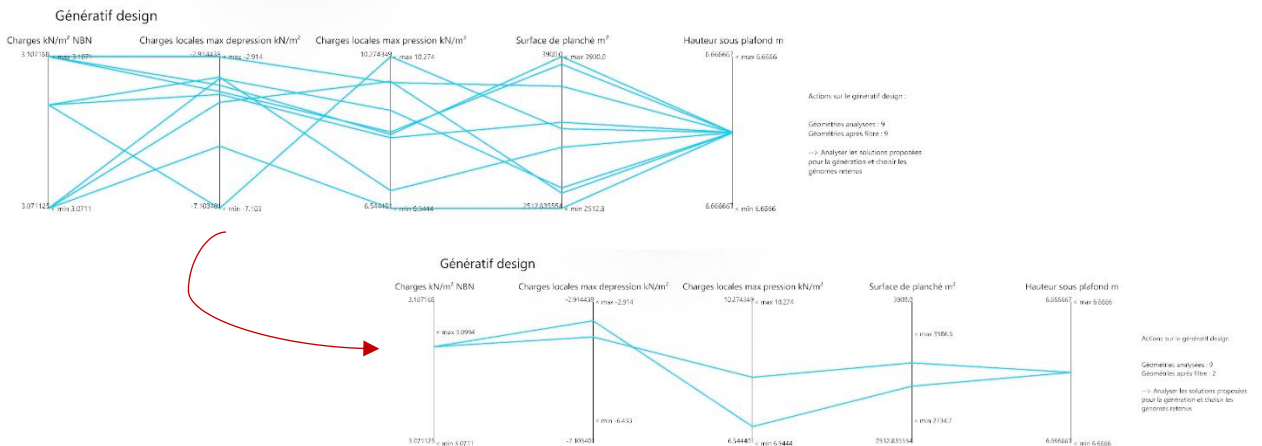
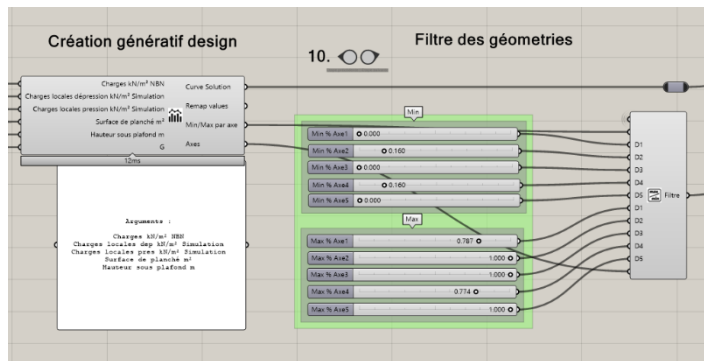
Si oui, continuer le processus
Si non, baser la simulation sur "False" et augmenter la précision du modèle.

Il est possible de visualiser l'état des simulations par FFD dans l'emplacement réservé de l'interface. Si le calcul ne converge pas avec les critères fournis, procédez comme suit : >RunFalse >Augmentez la précision >RunTrue.

L'étape 9 est courte mais permet de sélectionner l'ordre dans lequel les géométries et les génomes vont apparaître. L'utilisateur dispose d'une liste de possibilités pour ce tri.

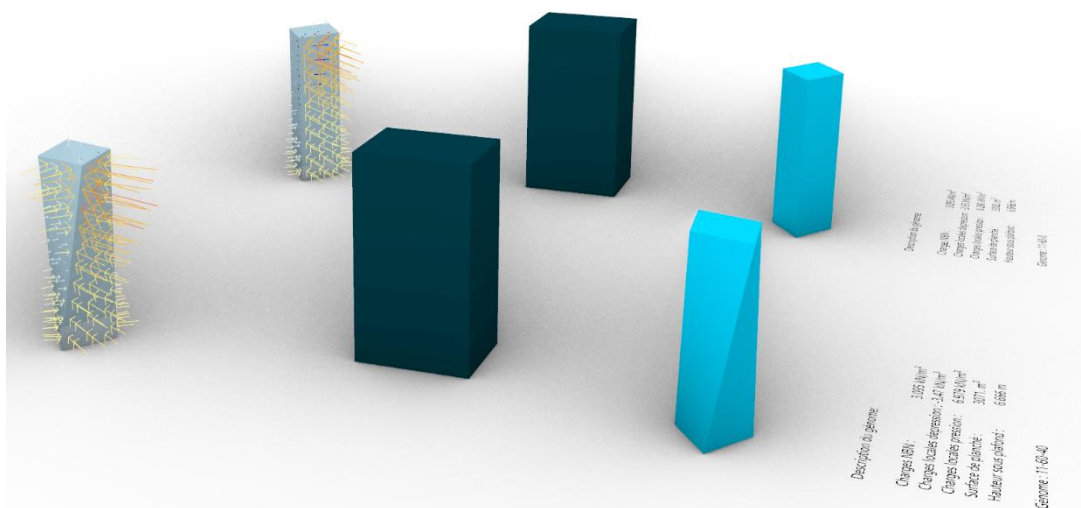
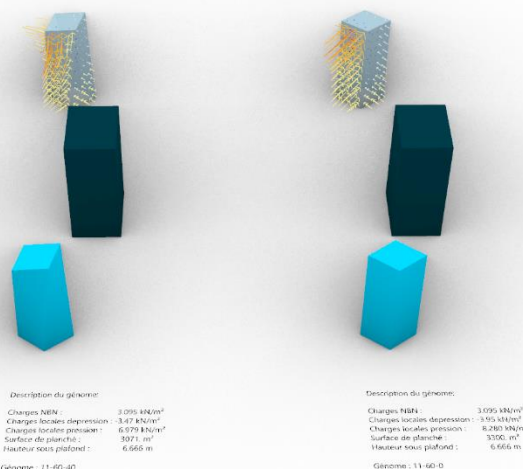
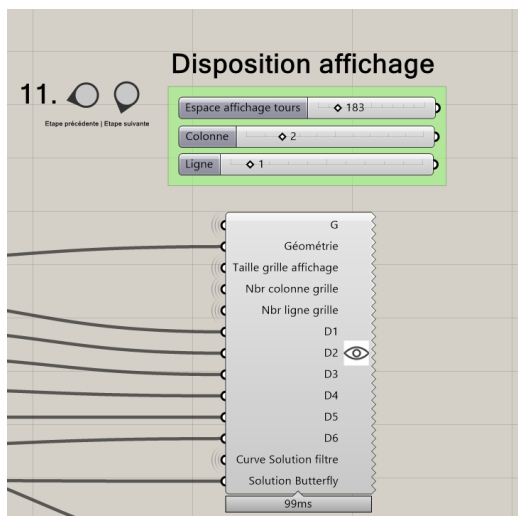


L'étape suivante est le cœur du système de conception générative. Elle permet de supprimer et de trier les géométries en fonction des critères analysés précédemment par le programme. Pour ce faire, l'utilisateur dispose de curseurs représentant les différents axes créés par le génératif design sur Rhinocéros. Il peut décider de supprimer certains génomes en modifiant la limite maximale et minimale de chaque paramètre en %. Chaque ligne représente une solution de design possible.



La dernière étape de cette première itération du processus se termine par l'affichage des géométries restantes classées selon le tri choisi à l'étape 10. On peut y voir le bâtiment avec les paramètres du génome dans son contexte. Une seconde représentation de l'édifice est constituée avec les actions liées au vent. Les vecteurs de force sont ceux qui s'appliquent sur les différentes parois. En bleu, on retrouve les efforts de dépression, et en rouge-orange, les efforts de compression.

Un réglage de l'affichage est disponible dans le logiciel pour s'adapter aux différents gabarits de bâtiment rencontrés pendant l'analyse. Il permet une meilleure visualisation des formes obtenues.



L'utilisateur peut choisir la géométrie la plus adaptée au vent. Le programme classe les géométries par ordre d'optimisation, mais il n'est pas obligé de choisir la première. Sa vision et son instinct de professionnel de la conception sont libres de s'exprimer. Une fois le choix fait, il peut afficher le génome choisi.

12. Remettre le génome pour les paramètres sélectionnés et continuer le processus avec d'autres paramètres plus détaillés.

Etape précédente

Recommencer un processus

Une fois cette étape franchie, le programme va renvoyer l'utilisateur vers le bouton «Run» pour pouvoir finaliser et effacer la simulation en cours. Le génome ainsi trouvé peut être réintégré dans la création paramétrique de base proposée par le concepteur. Il peut alors l'exporter vers n'importe quelle plateforme d'architecture et de conception grâce aux possibilités de format de Rhinocéros.

Run False

Réinitialiser "Run = False"

Il est ensuite possible de refaire une itération à partir de l'étape 4 si l'utilisateur désire garder la même station météo et le même contexte. Il peut également revenir aux étapes précédentes en utilisant les flèches directionnelles.

