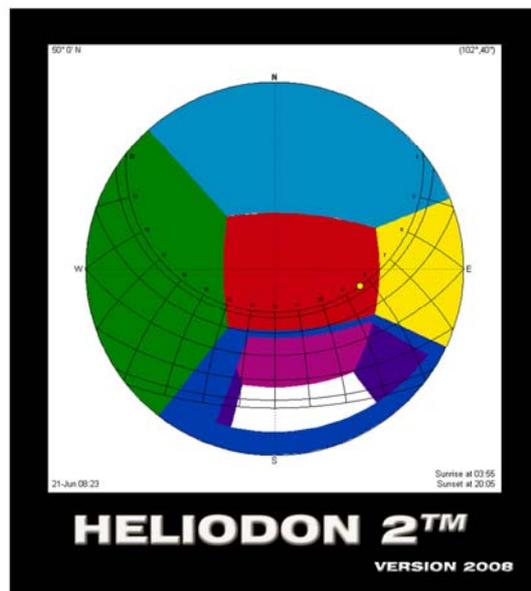


- Guide de l'utilisateur -

Novembre 2008



Benoit Beckers

1. Introduction

Heliodon 2TM est un logiciel pour l'évaluation interactive de la radiation solaire et de la lumière naturelle dans les projets architecturaux et urbains. Rédigé en langage Matlab[®], avec des séquences en Fortran[®], il se présente au public sous la forme d'un exécutable, qui s'installe et fonctionne de manière autonome dans un environnement informatique standard (compatible PC, système Windows[®] XP ou Vista).

Il permet d'étudier les trajets solaires en tout lieu de la surface terrestre et d'analyser l'incidence de la lumière solaire directe, ainsi que de la lumière diffuse du ciel, sur n'importe quelle construction ou zone urbaine, en tenant compte des obstructions produites par d'autres édifices ou obstacles naturels. Nous avons cherché à optimiser la vitesse de calcul, la facilité d'utilisation, l'interactivité et la qualité dans la présentation des résultats, pour faire de ce logiciel un véritable outil d'aide à la conception dans les projets d'architecture, d'urbanisme et de design d'intérieurs.

Ces caractéristiques le rendent complémentaire d'autres logiciels plus développés pour le calcul ou le rendu réaliste (au moyen, par exemple, des techniques de lancer de rayons ou de radiosité), mais plus lents et plus difficiles à contrôler, c'est-à-dire : plus utiles pour l'analyse que pour la conception.

Dans la version actuelle, *Heliodon 2TM* est encore en plein développement. Le modelleur est très simple à utiliser, mais aussi très limité. Cependant, il est facile d'importer des géométries plus complexes élaborées au moyen de n'importe quel logiciel de CAO, grâce au format d'échange STL, que notre logiciel permet de manipuler avec beaucoup de liberté.

Nous pensons donc que, dans l'état présent, *Heliodon 2TM* peut déjà se montrer très utile, d'autant plus que l'idée principale qui le caractérise a été justifiée par de nombreuses applications. Au départ, il s'agissait de permettre un libre va-et-vient entre différentes projections de la scène étudiée, les unes bien connues (vue en plan ombrée, stéréographie), d'autres plus originales (équivalente, isochrone). Dans ces possibilités graphiques interactives réside l'originalité et l'intérêt de notre logiciel, aussi bien pour le travail professionnel que pour l'enseignement et la recherche.

Le logiciel distribué fonctionne avec une licence de démonstration, qui limite à cinq le nombre de surfaces planes utilisables. La licence complète s'acquiert uniquement sur le site www.heliodon.net.

Liège et Compiègne, novembre 2008,

Les auteurs: Benoit Beckers & Luc Masset

2. Installation du logiciel

La première installation se réalise automatiquement, en exécutant “heliodon.setup.2.5-08.exe”. Cette opération crée un nouveau répertoire `c:\Program Files\Heliodon2` dans l’ordinateur hôte et un accès “Heliodon2” dans le menu Démarrer. Durant l’installation, l’unique option consiste à créer un icône sur le bureau. Les mises à jour postérieures se réalisent de la même manière.

La première fois, le programme s’ouvre directement sur la fenêtre *config*. Ensuite, on peut y accéder à partir du menu Démarrer. On y trouve quatre options :



La seconde lance le programme (comme l’icône sur le bureau) et la troisième le désinstalle. L’option qui nous intéresse ici est “Config”, qui propose la fenêtre suivante :



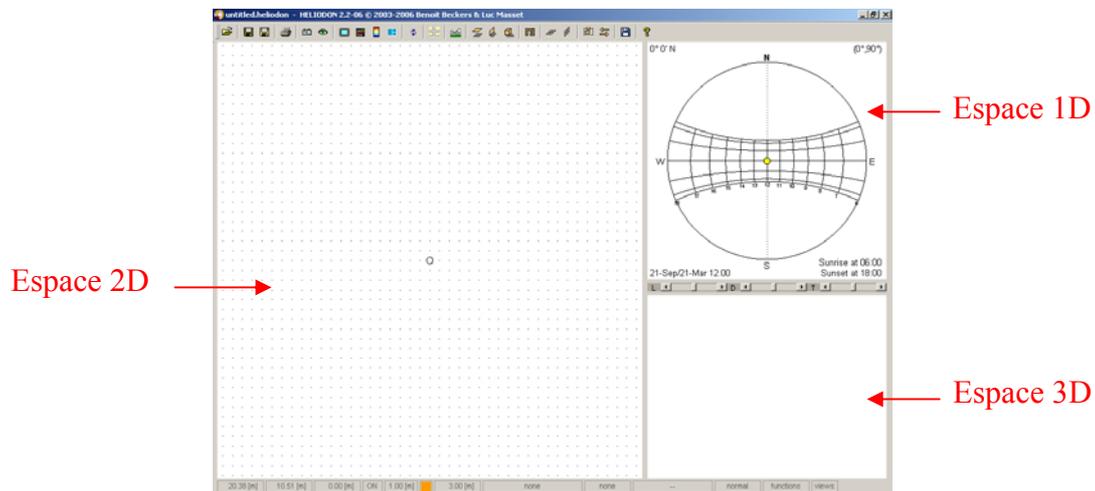
Les trois premières lignes indiquent où le programme ira chercher les fichiers de cas enregistrés, les images de fond et les maillages tridimensionnels de type “STL”. La quatrième ligne indique l’emplacement de la licence utilisée (au départ, on est sans licence, en version *demo*, ce qui permet de lancer le logiciel, mais avec de fortes limitations). Le bouton en bas à gauche permet d’associer les fichiers de type “.heliodon” au logiciel: si cette option est activée, un simple “double clic” sur l’icône de n’importe quel fichier produit par *Heliodon 2™* ouvrira avec lui le programme. Cette option modifie le registre de Windows. Finalement, en bas à droite, l’icône figurée par une clef permet de commencer le processus qui conduira à l’obtention d’une licence payante permettant d’utiliser toutes les possibilités du logiciel sur l’ordinateur où il est installé.

¿Comment obtenir et valider une licence?

1. Dans le menu “Config”, choisir l’icône en forme de clef. Un fichier de type “.info” sera créé sur le Bureau; il contient quelques informations basiques sur l’ordinateur hôte.
2. Envoyer ce fichier à l’adresse indiquée. Un fichier de type “.lic” vous sera renvoyé, qu’il faudra enregistrer dans n’importe quel dossier de l’ordinateur hôte (on conseille de choisir un répertoire qui n’est jamais modifié, par exemple la racine `c:`).
3. Dans le menu “Config”, choisir le bouton en forme de dossier ouvert à côté de la ligne “License file”, et indiquer le chemin d’accès vers le fichier “.lic” récemment copié. Fermer la fenêtre “Config”. La nouvelle licence est alors activée, jusqu’à sa date de caducité (il faudra alors répéter cette opération).

3. Description de la fenêtre principale

Le programme s'ouvre sur la *fenêtre principale*, où se réalisera l'essentiel des opérations. Cette fenêtre se divise en trois espaces: un espace tridimensionnel (en bas à droite), qui sert essentiellement à contrôler le modelage et à visualiser les résultats, un espace bidimensionnel (à gauche), où se construit le modèle, et un espace unidimensionnel (en haut à droite), occupé au départ par une représentation stéréographique des trajets solaires.



Quatre barres horizontales sont intercalées. La première, tout au-dessus et sur fond bleu, indique le nom du cas étudié, qui s'appelle au départ "untitled.heliodon", jusqu'à ce qu'il soit enregistré sous un autre nom. Il est suivi par l'intitulé de la version actuelle du programme.

Juste en dessous se trouve la *barre iconique*, constituée de diverses icônes en couleur.

Sous l'espace 1D se trouve la *barre des curseurs*.

Tout en dessous se trouve la *barre numérique*, où apparaissent des indications principalement numériques, de couleur grisée.

Au centre de l'espace 2D se trouve le *capteur* (un petit disque blanc que l'on peut déplacer en l'entraînant avec le bouton gauche de la souris). Au centre de l'espace 1D se trouve le *soleil* (un petit disque jaune, que l'on peut déplacer également). Si on déplace le soleil, on voit les dates défiler en dessous. Si l'on clique dessus avec le bouton droit, on l'éteint (il devient obscur et ne projette plus d'ombre, jusqu'à ce qu'on le rallume d'un nouveau clic).

4. L'espace 2D

Le modelage de la scène se réalise entièrement dans l'*espace 2D*, qui ressemble à une projection sur le plan horizontal, même si sa nature est plus proprement bidimensionnelle, basée sur une structure de couches.

Au départ, il y a une grille de points équidistants, séparés d'un mètre. Au centre, il y a un petit disque blanc, le *capteur*, dont nous parlerons plus avant.

Un déplacement de la souris en maintenant activé le bouton gauche nous permet de nous déplacer dans l'espace 2D (fonction "pan"). Avec le bouton central, on réalise un "zoom" dans cet espace (vers l'avant ou l'arrière selon que la souris est déplacée vers le haut ou le bas).

Dans *Heliodon 2TM*, la scène se construit à partir de deux éléments basiques (le plan horizontal et le plan vertical) et d'un élément complexe (le prisme). Tous trois se trouvent juxtaposés dans la barre iconique :



Le plan horizontal; le plan vertical; le prisme

Dans la barre numérique, on trouve deux indications importantes: la *couleur par défaut*, signalée au départ par un carré orange, ce qui signifie que tous les nouveaux objets auront cette couleur, et la *hauteur/élévation par défaut* (juste à droite de l'icône antérieure), qui indique 3 mètres au départ : ceci signifie que les plans verticaux et les prismes auront automatiquement une hauteur de 3 mètres, tandis que les plans horizontaux flotteront à 3 mètres d'élévation au-dessus du sol.

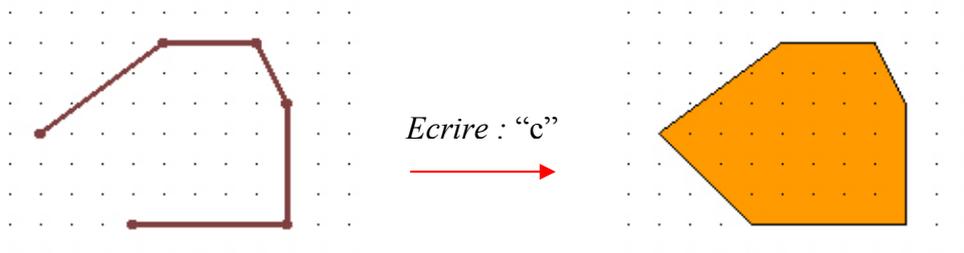


La couleur par défaut; la hauteur/élévation par défaut
- pour modifier ces valeurs, utiliser le bouton droit de la souris -

Avec ces quelques indications, nous pouvons commencer à modeler un édifice.

a) Dessiner un plan horizontal

Après avoir sélectionné le plan horizontal dans le menu iconique, on signale l'un après l'autre ses sommets sur les points de la grille (le "snap" est automatiquement activé au départ), en cliquant le bouton gauche de la souris aux endroits choisis. Un plan horizontal est toujours représenté comme un polygone fermé, mais c'est le logiciel qui le ferme : après avoir marqué le dernier sommet, il suffit d'écrire "c" (comme "close", *fermer*) – ou de presser le bouton central de la souris -, et le dernier segment se dessine :



Le plan ainsi dessiné se colorie en orange et se situe, dans l'espace 3D, à trois mètres en dessus du sol, selon les valeurs par défaut de la barre numérique. Le nouvel objet apparaît simultanément dans l'espace 3D et sur la stéréographie (comme masque).

En dessinant, on peut utiliser le bouton droit de la souris (pour éliminer le dernier sommet et, successivement, les précédents) et la touche "escape" (pour annuler le dessin en cours). Une fois le plan terminé, il peut être édité par un "double clic": son périmètre devient plus épais pour signaler la sélection. Ensuite, avec la touche "Del", on peut supprimer cet objet (une confirmation est demandée).

b) Dessiner un plan vertical ou un prisme

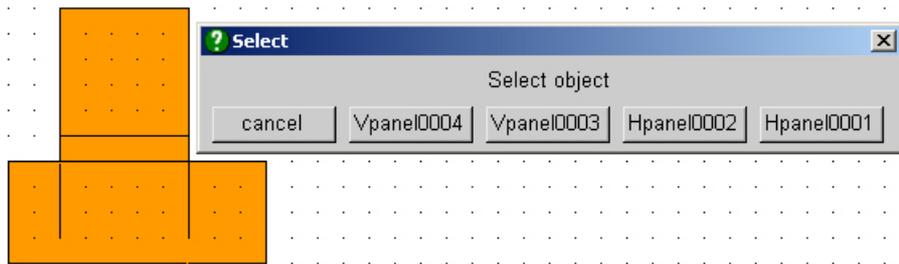
Un plan vertical se dessine comme un segment de droite (sa trace dans l'espace 2D), et il possède donc seulement deux sommets. Une fois le second situé, il faut écrire "c" (ou presser le bouton central de la souris). Tout le reste est identique à ce qui a été dit pour le plan horizontal.

Le prisme est un objet composé qui se dessine exactement comme un plan horizontal. Ce qui se dessine est, en réalité, le toit horizontal du prisme, et le logiciel ajoute automatiquement les parois verticales correspondantes, qui s'élèvent toujours depuis le sol. Le prisme ne se ferme pas par en dessous (c'est-à-dire qu'il ne possède pas de plancher), puisque la surface résultante ne masquerait jamais la lumière du soleil ou du ciel, qui arrive toujours d'en haut.

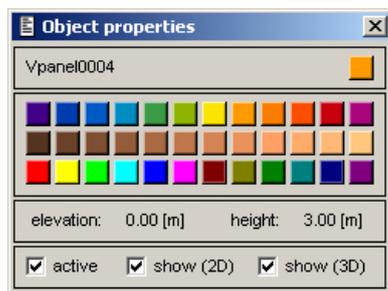
c) Dessiner une scène complexe

Avec ces informations, nous pouvons déjà dessiner presque tout ce que l'on peut modéliser directement avec *Heliodon 2TM*. Cependant, en empilant des plans horizontaux et verticaux, nous découvrons rapidement les limitations de l'espace 2D.

En particulier, le "double clic" devient inopérant pour sélectionner un objet lorsque plusieurs objets se superposent. Comme alternative, on peut utiliser le bouton droit de la souris, qui montrera une liste de tous les objets situés sous le clic, dans laquelle nous pourrions sélectionner l'élément qui nous intéresse.



Cependant, le fait que tous les objets ont la même couleur, et des noms automatiques très répétitifs, rend difficile la compréhension de la scène. Nous avons donc besoin de pouvoir éditer un objet sélectionné. Pour cela, il suffit de cliquer dessus, le bouton droit de la souris, et la fenêtre suivante apparaît, où sont éditées les caractéristiques de l'objet sélectionné:



Sur la première ligne, il y a le nom de l'objet, que nous pouvons modifier avec le bouton droit de la souris. Il y a aussi un petit carré montrant la couleur de l'objet. En cliquant dessus, nous accédons à la gestion habituelle des couleurs Windows, où nous pouvons choisir une nouvelle couleur.

La seconde ligne est occupée par trois barres de couleur, qui peuvent être modifiées (voir plus avant). Dans *Heliodon 2TM*, comme on le verra, une attention très particulière est portée à la gestion de la couleur. Nous pouvons donner à l'objet

sélectionné n'importe laquelle de ces couleurs prédéterminées.

Sur la troisième ligne, nous pouvons modifier (avec le bouton droit de la souris), l'élévation de l'objet sélectionné (sa distance au sol) et, dans le cas des plans verticaux et des prismes, leur hauteur.

Sur la quatrième ligne, nous pouvons décider de désactiver l'objet (il ne masque plus le soleil), de le cacher dans l'espace 2D (il n'apparaîtra plus que dans le menu de sélection du bouton droit) ou dans l'espace 3D.

5. L'espace 3D

L'espace 3D permet de visualiser en trois dimensions la scène que nous avons modélisée. Ici, le bouton gauche de la souris ("pan") et le central ("zoom") fonctionnent comme précédemment, mais s'y ajoute le bouton droit ("rotate").

Les touches "1", "2" et "3" permettent de créer une fenêtre séparée avec le contenu, respectivement, des espaces 1D, 2D et 3D. Les deux premières peuvent être agrandies et on peut enregistrer l'image qu'elles offrent dans l'un des formats habituels ("jpg", "tif" ou "bmp").

La troisième fenêtre séparée, qui correspond à l'espace 3D, offre plus de possibilités. En agrandissant la fenêtre, nous obtenons une visualisation excellente de la scène tridimensionnelle. Les trois fonctions de la souris ("pan", "zoom" et "rotate") sont encore actives, et nous avons la possibilité additionnelle, d'un simple "double clic", de cacher momentanément les objets de la scène qui dérangent la visualisation (ils restent visibles dans leur simplification en fil de fer). Un nouveau "double clic" fait réapparaître l'objet précédemment caché.

6. L'espace 1D

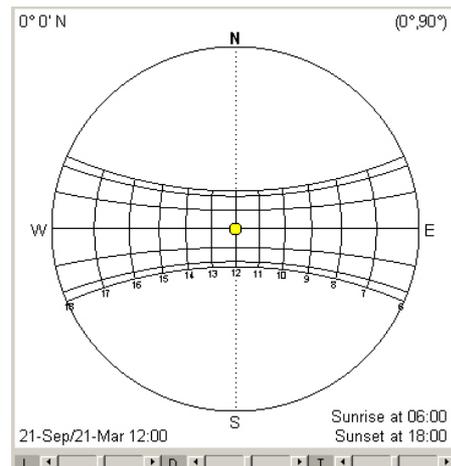
Le premier rôle de l'espace 1D est de nous situer dans le temps et dans la géographie. Aux quatre coins de cet espace apparaissent des informations.

En haut à gauche : *Indication de latitude*. Nous nous trouvons à 0°0' de latitude Nord, exactement sur l'équateur.

En bas à gauche : *Indication de date*. Nous sommes le 21 septembre (ou le 21 mars), c'est-à-dire : à l'équinoxe, à midi.

En haut à droite : *Position du Soleil*. Dans ces conditions, le soleil se trouve au zénith (90° de hauteur), sans composante horizontale (0° d'azimut).

En bas à droite : *Lever et coucher*. Sur l'équateur, comme on le vérifie ici, le soleil se lève toujours à 6h00 et se couche à 18h00 (heure solaire).



a) Le curseur de latitude (L)

-- Latitude menu --
Set latitude
North Pole
Arctic circle
Tropic of Cancer
Equator
Tropic of Capricorn
Antarctic circle
South Pole
Select town
Kinshasa
Canberra
Hanoï
Barcelona
Beijing
Guadalajara
Ho Chi Minh
Liège
Calcutta
Bamako

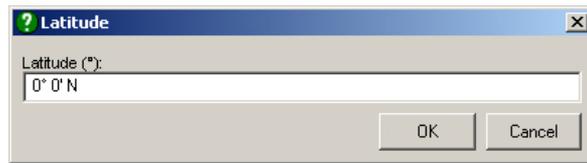
Le premier des curseurs ("L", comme "latitude") permet de modifier la latitude. En pressant les flèches, on verra comment la stéréographie se déforme en parcourant les parallèles, depuis le pôle nord jusqu'au pôle sud. Il est également possible de déplacer directement le curseur.

En pressant le bouton droit de la souris sur la lettre "L", on fait apparaître le *menu de latitude*, avec quatre paragraphes: "Set latitude" (pour introduire la latitude numériquement), une liste de positions géographiques particulières (les pôles, les cercles polaires, les tropiques et l'équateur), "Select town" (pour choisir une ville du monde dans une liste) et, finalement, la liste des dernières villes sélectionnées.

Si on choisit, par exemple, le pôle nord ou Kinshasa, on voit comment se modifie, dans l'espace 1D, l'indication de latitude (avec le nom du lieu choisi suivi de sa latitude) et la forme de la stéréographie.

“Set latitude”:

Nous pouvons introduire une latitude de deux manières différentes : directement dans le format proposé (en degrés et minutes), ou sous la forme décimale. Ainsi, 20°30' ou 20.5 son deux valeurs équivalentes (le logiciel traduira la seconde dans le format de la première). Cette conversion est très pratique, puisque les deux formats alternent dans les diverses banques de données.



“Select town”:

Nous pouvons choisir une ville dans la liste proposée par le logiciel avec le bouton gauche de la souris. Dans l’espace blanc inférieur, on peut sélectionner, en pressant dessus le bouton droit de la souris, un tag particulier. Au départ, les tags possibles correspondent aux différents continents. Si l’on choisit, par exemple, “Europe”, la liste supérieure se réduit aux seules villes européennes, ce qui facilite la sélection.

En choisissant une ville de la liste, on fait apparaître dans le cadre inférieur, avec son ou ses tags, sa latitude et, éventuellement, son altitude au-dessus du niveau de la mer. Toutes ces données peuvent être modifiées.

On peut aussi introduire une nouvelle ville (“New”) ou supprimer une ville de la bibliothèque (“Delete”).

Les tags constituent une manière très libre et efficace d’organiser les villes quand elles deviennent nombreuses. Chaque tag est, obligatoirement, un mot unique (sans blancs). Si nous voulons introduire un nouveau tag, il suffit de le séparer des précédents en laissant un blanc. On pourrait, par exemple, sélectionner la ville de Barcelone, et ajouter comme tags les mots “million” et “ancienne” pour signifier que c’est une ville ancienne de plus d’un million d’habitants. Si on presse ensuite “save”, ces données se conserveront dans la liste des tags : plus tard, on pourra sélectionner, dans la liste supérieure, toutes les villes anciennes et/ou d’un million d’habitants qui se trouvent en Europe ou en Afrique...



b) Le curseur des dates (D)

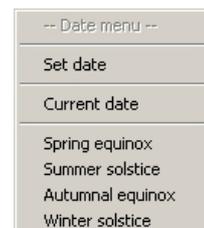
Le second curseur (“D”, comme “date”) permet de modifier la date. En pressant les flèches, on voit le soleil parcourir la stéréographie, depuis le solstice d’hiver (21 décembre) jusqu’à celui d’été (21 juin). Il est également possible de déplacer directement le curseur.

En pressant le bouton droit de la souris sur la lettre “D”, on fait apparaître le *menu des dates*, avec trois paragraphes:

“Set date”: permet d’entrer une date quelconque, avec l’aide d’un calendrier.

“Current date”: la date actuelle, selon l’horloge de l’ordinateur hôte.

Le troisième paragraphe permet de sélectionner directement les équinoxes ou les solstices.

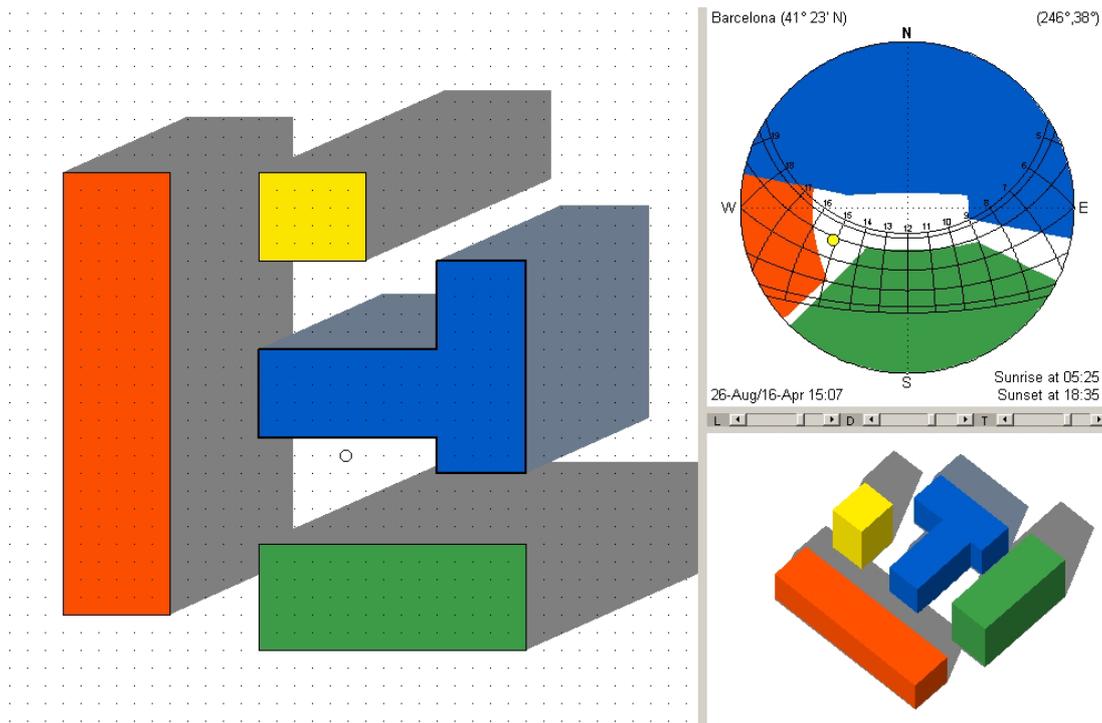


c) Le curseur des heures (T)

Le troisième curseur (“T”, comme “time”) permet de modifier l’heure. En pressant les flèches, on verra le soleil parcourir la stéréographie depuis l’aube jusqu’au crépuscule. En pressant le bouton droit de la souris sur la lettre “T”, on fait apparaître le *menu des heures*, qui permet d’introduire une heure déterminée, l’heure actuelle, celle de l’aube ou celle du crépuscule.

7. Utilisation combinée des espaces 2D et 1D

Le premier point fort du logiciel *Heliodon 2TM* est qu’il permet de naviguer librement entre trois espaces qui présentent simultanément des informations contrastées et complémentaires. Nous allons le montrer par un simple exemple.



Dans cette scène composée de quatre prismes de différentes hauteurs, on a placé le capteur (le disque blanc de l’espace 2D) près de l’édifice bleu. La stéréographie nous montre ce qui se passe en ce point, tout au long de l’année. Le soleil (le disque jaune de l’espace 1D) ne se superpose à aucun masque et, effectivement, on vérifie sur la vue en plan ombrée que le capteur est en plein soleil. Mais la stéréographie nous informe que, dans moins d’une heure, il entrera dans l’ombre de l’édifice rouge. Durant toute l’année, en fin d’après-midi, cet édifice projettera son ombre sur le capteur, lui faisant perdre deux ou trois heures de soleil (en été, avec l’aide de l’édifice bleu). L’édifice vert, en revanche, n’agira pas en ce point en été, mais bien le reste de l’année autour de midi, et durant les matins d’hiver. Les matins d’été, ce sera l’édifice bleu qui projettera son ombre sur le capteur, jusqu’à neuf heures du matin (heure solaire) à la fin juin.

Si nous déplaçons manuellement le soleil, nous voyons les ombres se modifier. Avec les curseurs, nous pouvons suivre leur mouvement au long d’un jour ou, à heure fixe, au long de l’année.

En déplaçant le capteur, on voit comment les masques évoluent sur la stéréographie.

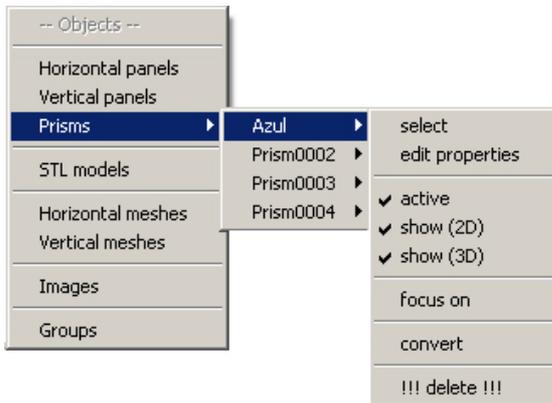
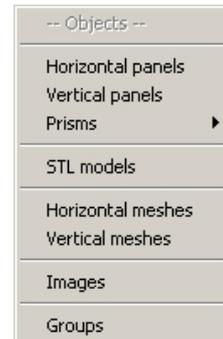
La stéréographie nous montre ce qui arrive au long de l’année, mais seulement pour un point. La vue en plan ombrée nous montre ce qui arrive dans l’espace complet, mais seulement en un moment déterminé. En navigant continuellement entre ces deux représentations, on finit par comprendre très précisément ce qui se passe dans cette scène, en voyageant à la fois dans le temps et dans l’espace.

8. Réduction du prisme en plans

Nous voudrions maintenant savoir ce qui se passe à l'intérieur de l'édifice bleu. Evidemment, cela n'a de sens que si nous le dotons d'abord de fenêtres ou d'autres ouvertures. Le problème est que le logiciel, comme nous le verrons plus loin, ne nous permet de percer que des plans. Par facilité, nous avons construit l'édifice à partir d'un prisme. Donc, nous devons maintenant convertir ce prisme en la somme des plans qui le constituent.

Pour cela, on sélectionne d'abord le prisme (double clic), on l'édite (bouton droit) et on lui donne un nom propre, court et clair (par exemple: "Azul"), ce qui permettra d'identifier correctement ses éléments une fois séparés.

Tant que "Azul" est sélectionné, son nom apparaît dans la barre numérique, juste à droite des valeurs par défaut déjà décrites. Avec le bouton droit de la souris, on fait apparaître la *liste des objets*. Elle contient tous les types d'objets possibles dans *Heliodon 2TM*, en commençant par les plans horizontaux, les plans verticaux et les prismes. Comme notre scène ne contient que des prismes, seul le paragraphe "Prisms" est muni d'une fléchette à sa droite; en bougeant la souris vers elle, on obtient la liste des prismes construits, qui commence par "Azul"



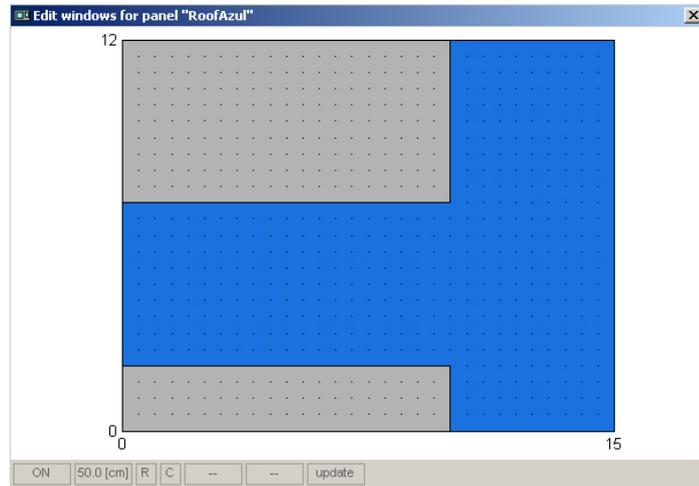
Cette voie nous offre la troisième manière de sélectionner un objet ("double clic" / "clic droit" plus sélection de la couche / sélection par liste). Elle nous permet aussi d'éditer les propriétés de l'objet, de le désactiver ou de le cacher, de focaliser sur lui l'axonométrie de l'espace 3D ("focus on"), de le convertir en plans ("convert") ou de le supprimer ("delete").

On choisit ici la conversion, et on vérifie que le prisme "Azul" n'existe plus: il s'est converti en une série de huit panneaux verticaux (appelés: "Wall1Azul", "Wall2Azul",...) plus un panneau horizontal (appelé "RoofAzul").

9. Percer les plans

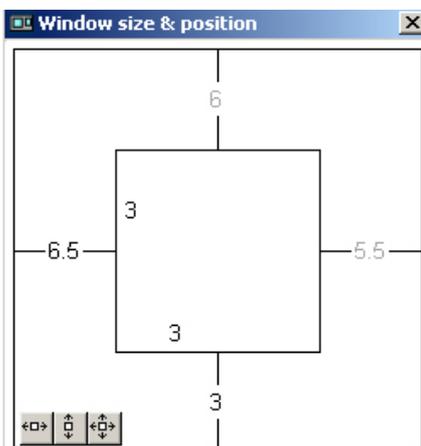
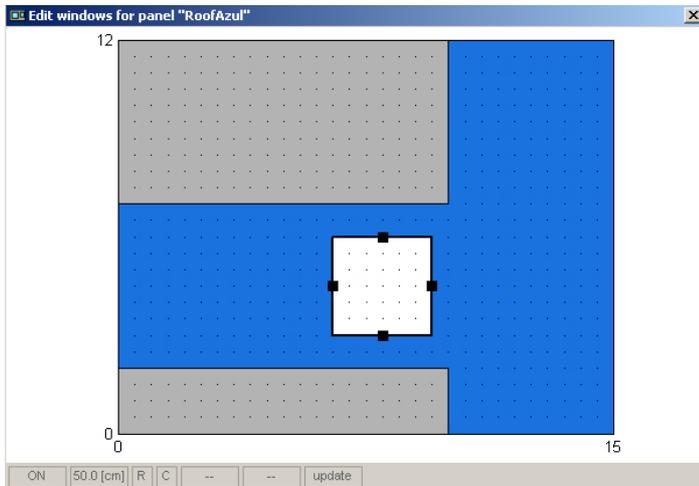
Pour percer un plan horizontal ou vertical déjà sélectionné, il suffit d'un "double clic" dessus : une nouvelle fenêtre s'ouvre alors, où le plan sélectionné apparaît seul sur une grille.

Les commandes de la barre inférieure sont accessibles avec le bouton droit de la souris. Le premier indique "on" quand la grille est apparente; le second permet de modifier l'unité de la grille; le troisième ("R") permet de percer un trou rectangulaire, le quatrième ("C") permet de percer un trou circulaire, et le dernier ("update") rend effectifs les changements dans les espaces 1D et 3D (les ouvertures ne se marquent jamais dans l'espace 2D; tous les changements deviennent effectifs lorsque l'on ferme cette fenêtre).



a) Le trou rectangulaire

Le bouton "R" perce dans le plan un trou rectangulaire. Si on presse le bouton gauche sur le trou, quatre petits carrés noirs se marquent au milieu des côtés : si l'on étire un de ces points, le trou s'agrandit ou se rétrécit dans cette direction. Si l'on tire le trou entier avec le bouton gauche pressé, on le déplace. La même opération avec le bouton central de la souris crée une copie. La touche "Del" supprime le trou. Si on presse le bouton droit de la souris sur le trou, une nouvelle fenêtre apparaît.



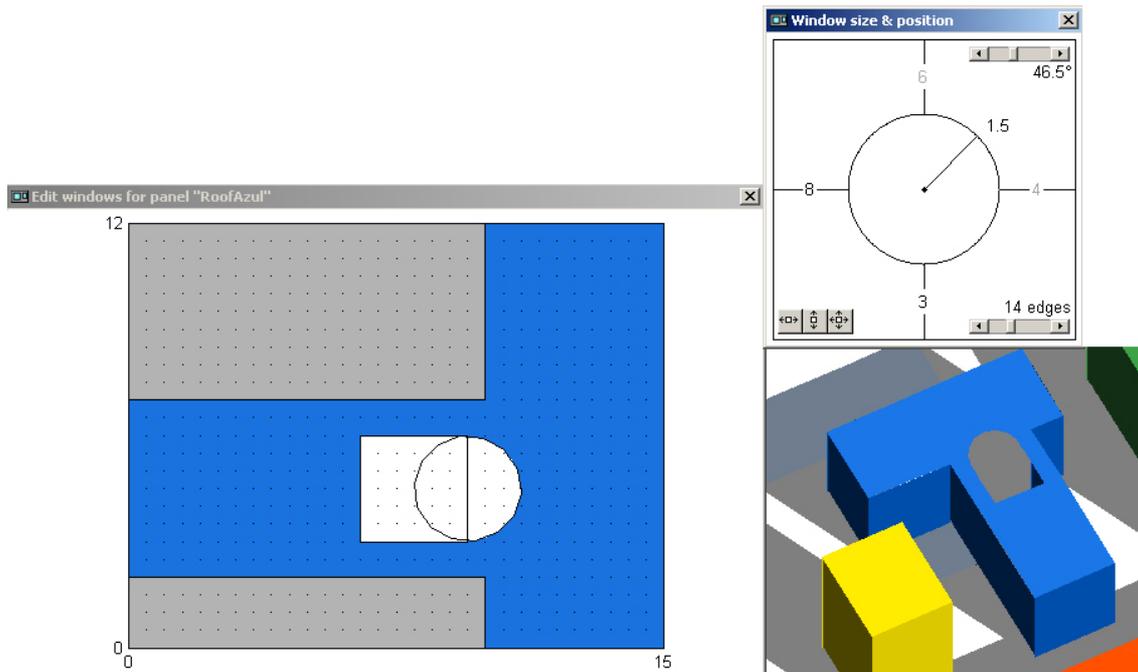
Dans cette *fenêtre de contrôle*, nous pouvons définir plus facilement le trou, à partir de ses dimensions et des distances qui le séparent du bord de la fenêtre précédente (valeurs numériques).

Trois icônes permettent de centrer le trou horizontalement, verticalement ou dans ces deux directions à la fois.

b) Le trou circulaire

Sa création est très semblable à celle du trou rectangulaire, mais il ne peut être déformé avec le bouton gauche de la souris. En revanche, sa fenêtre de contrôle propose deux curseurs supplémentaires. Au départ, le trou circulaire adopte en réalité une forme octogonale; le curseur inférieur permet d'augmenter le nombre de côtés, jusqu'à l'assimiler à un cercle, ou de le réduire, jusqu'au triangle équilatéral. Le curseur supérieur permet d'exercer une rotation, qui n'a bien sûr de sens que s'il est peu défini.

Les différents trous rectangulaires et circulaires peuvent se recouvrir, et même sortir partiellement du plan troué. De cette manière, de nombreuses configurations plus ou moins sophistiquées sont possibles:

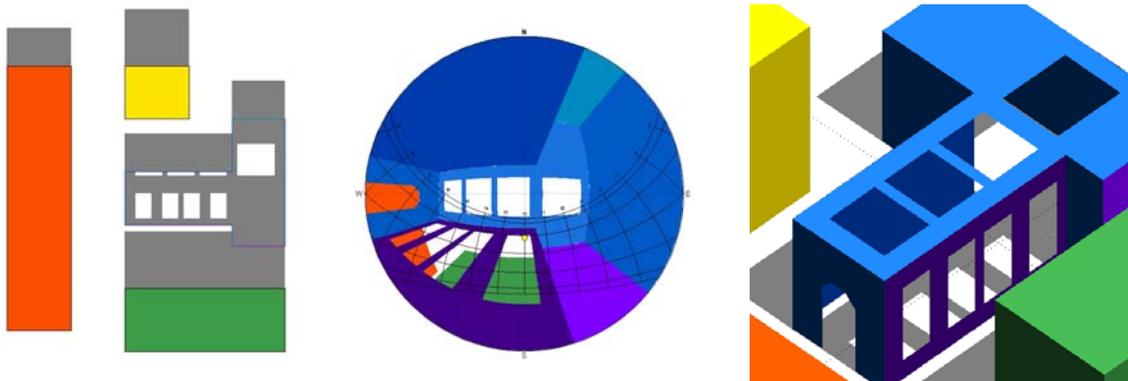


Il faut ajouter qu'un grand nombre de fenêtres, ou des trous circulaires trop définis, peuvent ralentir notablement le logiciel.

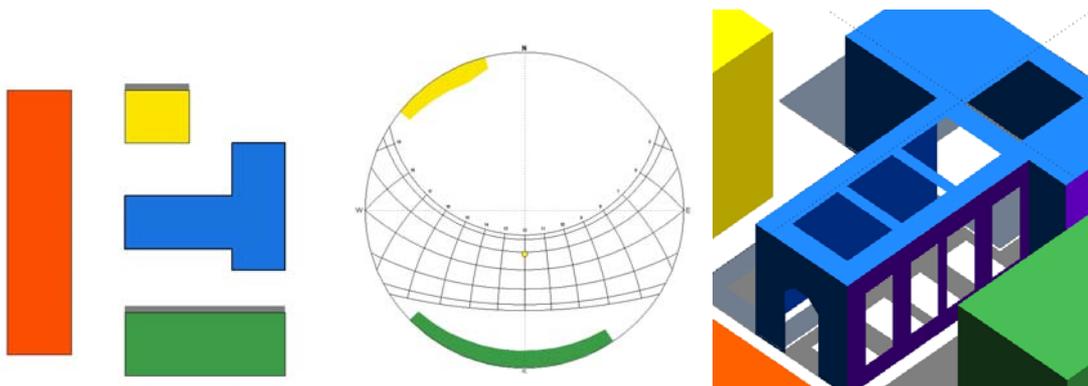
10. Le capteur

Le capteur est un disque blanc qui peut se déplacer librement dans l'espace 2D. Là où il se trouve, la stéréographie est évaluée. Le capteur commande donc l'espace 1D, lequel donne, rappelons-le une fois de plus, une information strictement ponctuelle. Jusqu'à maintenant, nous avons toujours travaillé avec le capteur au niveau du sol. Le troisième bouton de la barre numérique permet de modifier son altitude. Voyons ce qui se passe alors.

Avec le capteur sur le sol, à l'intérieur de l'édifice bleu. Dans la vue en plan, nous avons caché le toit de l'édifice, pour mieux voir ce qui arrive à l'intérieur. On vérifie, par exemple, que là où se trouve le capteur, la lumière du soleil entrant par la porte n'atteindra jamais le sol, à cause de l'édifice rouge.



Avec le capteur à 8 mètres de hauteur, au-dessus de l'édifice bleu. Dans la vue en plan, nous observons les ombres comme si elles se projetaient sur une couche de nuages de 8 mètres de hauteur: les édifices rouge et bleu, plus bas, ne projettent plus d'ombre, et celle des édifices jaune et rouge (9 mètres de hauteur chacun) est très courte. On voit la même chose dans la stéréographie, où les masques rouge et bleu ont disparu, tandis que le vert et le jaune, très diminués, ne peuvent plus affecter le capteur à aucun moment de l'année. En revanche, dans la vue 3D, les ombres se projettent toujours sur le sol, et il n'y a aucun changement.



On peut déplacer verticalement le capteur avec plus de liberté en pressant sur lui le bouton central de la souris, puis en élevant ou abaissant celle-ci (on voit alors les coordonnées défiler dans la barre numérique).

Evidemment, l'information que peut nous offrir cette scène est beaucoup plus riche que ce qu'on vient d'en montrer, tant que l'on peut profiter de l'interactivité du logiciel. Il convient de se pénétrer d'abord du caractère de la scène, en se déplaçant consciencieusement dans le temps et dans l'espace, avant de choisir les représentations les plus pertinentes qui permettront d'illustrer une analyse synthétique facile d'interpréter pour le lecteur...

11. Mémoriser les vues

Dans *Heliodon 2TM*, nous pouvons mémoriser des vues particulières, un peu comme si on plaçait un appareil photographique à divers endroits. Ceci est très utile pour contrôler une scène que se modifie continuellement.

Dans la barre iconique, nous trouvons une icône en forme d'appareil photographique ("Save current view") et une autre en forme d'œil.



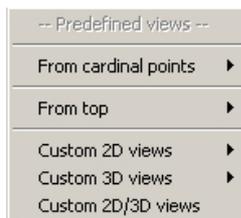
La première fait apparaître un nouveau menu, où il nous est demandé si nous voulons sauvegarder seulement la vue 2D, seulement la vue 3D, ou les deux simultanément. Un nom générique est donné à la nouvelle prise, que nous pouvons modifier.



La seconde icône nous montre toutes les prises qui ont déjà été mémorisées. En passant de l'une à l'autre, on voit que la vue correspondante se modifie. Si on sélectionne une prise, elle apparaît dans la ligne inférieure, où nous pouvons changer son nom, ou la supprimer.

Une autre manière de travailler consiste à utiliser les touches de fonctions du clavier. "F1" parcourt les prises 3D et "F2" crée une nouvelle prise 3D (avec un nom générique). "F5" et "F6" font de même avec les prises 2D. Les nouvelles prises ainsi créées s'ajoutent dans la liste de "Custom views".

Finalement, le dernier bouton de la barre numérique ("views") nous permet de choisir parmi les vues prédéfinies et les nouvelles vues particulières.

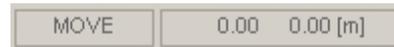


Dans l'espace 3D, nous pouvons sélectionner une vue de face depuis chacun des points cardinaux ou une vue en plan (avec l'image résultante orientée vers l'un des points cardinaux). Les prises que nous avons enregistrées se retrouvent aussi ici.

Il faut ajouter que toutes les vues ici décrites sont des axonométries (c'est-à-dire qu'elles sont produites par une projection parallèle).

12. Modifier les objets

Lorsque nous sélectionnons n'importe quel objet de l'espace 2D, nous pouvons observer qu'un des boutons de la barre numérique indique l'opération "move". L'indicateur à sa droite montre un double zéro. Si nous pressons l'indication "move" avec le bouton droit de la souris, une liste apparaît avec un nombre variable d'options, selon le type d'objet sélectionné. Chacune de ces options permet une modification spécifique de l'objet sélectionné, laquelle sera quantifiée dans l'indicateur numérique de droite. Nous pouvons changer d'opération au moyen de la liste ou, plus facilement, en utilisant la touche de retrait sur le clavier.



a) L'opération "move": Elle permet de déplacer l'objet sélectionné avec le bouton gauche de la souris, toujours sur la grille ("snap" activé), en laissant une trace de sa position initiale (comme aide à la visualisation), tandis que les coordonnées de l'indicateur numérique permettent de contrôler le mouvement. Si on réalise la même opération avec le bouton central de la souris, l'objet laisse une copie en position initiale.

Si on désactive la grille (mettre le quatrième bouton de la barre numérique en position "off"), on se déplace plus librement, mais de manière imprécise ("snap" désactivé). En général, il est beaucoup plus sûr de diminuer la maille de la grille (avec le "grid spacing", également sur la barre numérique) pour réaliser des déplacements plus fins, mais contrôlés.

b) L'opération "resize": Elle crée des points modificateurs, grâce auxquels on peut étirer ou compresser les objets (la trace de la situation initiale se marque aussi).

c) L'opération "draw": Elle permet de corriger l'emplacement des sommets signalés lors de la création de l'objet.

d) L'opération "rotate": Elle permet de soumettre un objet à une rotation par rapport à un axe vertical, dont la trace (ou : *centre de rotation*) est indiquée par un disque vert. Au départ, ce disque se trouve au centre de gravité de l'objet. En pressant plusieurs fois la touche "Ctrl", on fait passer le centre par chacun des sommets de l'objet (il se colorie alors en bleu) et, finalement, par un point fixe (il devient rouge). Ce dernier point, qui reste identique si l'on sélectionne ensuite un autre objet, devient très pratique lorsqu'on veut tourner un par un les différents éléments d'une même configuration. Finalement, il y a deux touches de raccourci : "g" sélectionne le centre de gravité et "G" le point fixe. On peut aussi déplacer le centre de gravité avec le bouton gauche de la souris, vers une position quelconque.

On observe que l'indicateur numérique n'indique plus qu'une valeur : l'angle de rotation, en degrés. Cette valeur peut être modifiée numériquement, pour produire une rotation précise.

Si l'on tourne l'objet avec le bouton central de la souris, celui-ci laisse une copie à la position initiale.

e) L'opération "height": Elle permet de modifier la hauteur d'un plan vertical ou d'un prisme (elle ne s'applique donc pas au plan horizontal).

f) L'opération "lift": Elle permet d'élever ou d'abaisser un objet, avec le bouton gauche de la souris, avec le bouton central (en le copiant) ou numériquement.

13. La barre numérique

Nous pouvons maintenant décrire la totalité des options de la barre numérique.



Les deux premières indications sont des *coordonnées* (en mètres) : elles suivent constamment le mouvement de la souris. On peut les modifier (avec le bouton droit de la souris), ce qui déplace le capteur. Ainsi, si nous ramenons les deux valeurs à zéro, le capteur va se placer à l'origine des coordonnées.

La troisième indication donne la *hauteur du capteur*. En la modifiant, on élève ou on abaisse le capteur (le même résultat s'obtient en pressant le capteur avec le bouton central de la souris), et l'on modifie donc toutes les valeurs ponctuelles qui se réfèrent à la position du capteur (stéréographie, facteur de ciel,...).

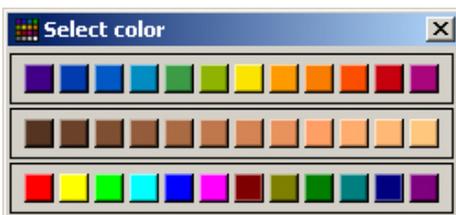
La quatrième indication offre deux possibilités. *On*: la grille est apparente et la fonction "snap" est active. *Off*: la grille disparaît, et les objets se construisent sans "snap".



La cinquième indication donne l'*unité de la grille* (la distance qui sépare deux de ses points). Au départ, elle est d'un mètre. Avec le bouton droit de la souris, on ouvre un menu qui permet de sélectionner une nouvelle unité numériquement ("Set spacing") ou en choisissant parmi des valeurs présélectionnées (données en centimètres). Il convient de varier l'unité en passant à des multiples ou diviseurs entiers, pour que les nouveaux points de la grille s'intercalent entre les anciens, sans que ceux-ci ne se déplacent.



La sixième indication est la *couleur par défaut*. Avec le bouton droit de la souris, on ouvre un menu qui permet de sélectionner une nouvelle couleur par défaut, à partir de trois gammes.



La première a été conçue à partir du cercle chromatique proposé par Johannes Itten et présente douze couleurs également espacées (avec les limitations informatiques bien connues) entre le violet et le pourpre. Elle n'est pas modifiable. On la conseille pour distinguer clairement différents édifices de la scène.

La seconde est une gradation de marrons orangés, qui peut être remplacée par une autre gradation (voir plus avant). On la conseille pour distinguer légèrement les différentes parties d'un même édifice, qui se distinguera encore des autres par le ton général marron que revêt chacune de ses teintes.

La troisième est une sélection de couleurs Windows, qui peuvent également être modifiées.

La septième indication est la *hauteur/élévation par défaut*.

La huitième indication est le nom de l'objet sélectionné. Avec le bouton droit de la souris, on ouvre un menu qui donne une liste de tous les objets de la scène et permet certaines opérations accessibles par d'autres voies (comme la sélection, l'édition ou la suppression). Dans le cas du prisme, on trouve seulement ici la possibilité de le convertir en la somme de ses plans.

La neuvième indication indique l'opération de modification en cours pour l'objet sélectionné. La dixième indication donne des valeurs en rapport avec la modification réalisée.

Stereographic

La dixième indication est, au départ, en position “Stereographic”, ce qui indique que la projection de la fenêtre 1D est une stéréographie et que l’on travaille sur les trajets solaires. Plus avant, on changera cette indication pour changer de projection, afin d’étudier, par exemple, les facteurs de ciel (“Equivalent”).

normal

functions

views

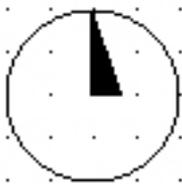
La onzième indication n’offre que deux options. En passant de “normal” à “Sun”, la caméra de la vue 3D se fixe sur le soleil et se déplace avec lui. Ainsi, en bougeant le curseur des heures, on verra la scène varier de l’aube au crépuscule comme si nous nous déplaçons avec le soleil.

La douzième indication (“functions”) nous donne, avec le bouton droit de la souris, une liste de toutes les touches utiles dans la fenêtre principale d’*Heliodon 2TM*. Nombre d’entre elles ont déjà été décrites, d’autres le seront plus avant. Commentons-en ici quelques-unes :

4 - View whole model in 3D (including shadows)
5 - View whole model in 3D
6 - View whole model in 2D

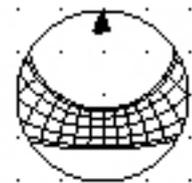
La touche “4” centre automatiquement la vue 3D sur la scène complète, en incluant les ombres. La touche “5” fait de même, mais sans considérer les ombres. La touche “6” fait la même chose dans l’espace 2D.

La touche “c” (comme “compass”) fait apparaître une boussole dans l’espace 2D. En général, il vaut mieux travailler toujours avec le nord en haut, mais si nous voulons changer cela, nous pouvons utiliser la boussole pour signaler une autre direction.



Avec le bouton gauche de la souris, on déplace la boussole et, en pressant l’aiguille, on peut la tourner. Avec le bouton central de la souris, on change la taille de la boussole. Avec un clic du bouton droit, on ouvre une nouvelle fenêtre, où il est possible de déclarer numériquement un angle précis entre la verticale de l’écran et le nord. En changeant le nord, on vérifie que les ombres et les masques de la stéréographie se modifient.

La touche “C” modifie la boussole, en lui donnant l’apparence d’une stéréographie. Quand on déplace la boussole, son centre vient toujours se situer à la pointe de la flèche indicatrice de la souris.



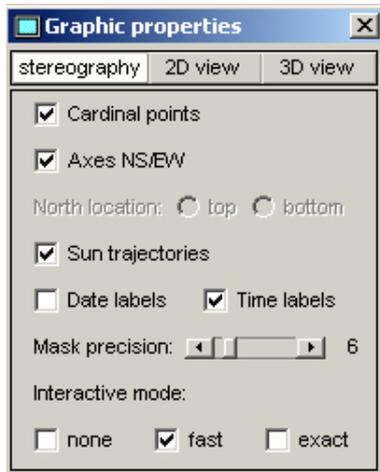
La treizième et dernière indication (“views”) permet de sélectionner une vue 3D parmi les options prédéterminées, ou parmi les prises de vue enregistrées par l’utilisateur.

15. Les propriétés graphiques



Le bouton le plus important de la barre iconique est celui qui permet d'accéder à la fenêtre des "propriétés graphiques", d'où l'on peut contrôler différents paramètres qui permettent, entre autres choses, de chercher un compromis entre la vitesse du logiciel et la qualité des représentations graphiques.

a) Propriétés de l'espace 1D



Ici, nous pouvons choisir d'ajouter au diagramme stéréographique différentes informations : les points cardinaux, les axes, les trajets solaires, les mois et les heures.

Le curseur permet de varier la précision dans le dessin des masques. Si on l'abaisse, les masques deviennent frustrés; si on l'augmente exagérément, les calculs se font très lents.

Les trois options du mode interactif sont :

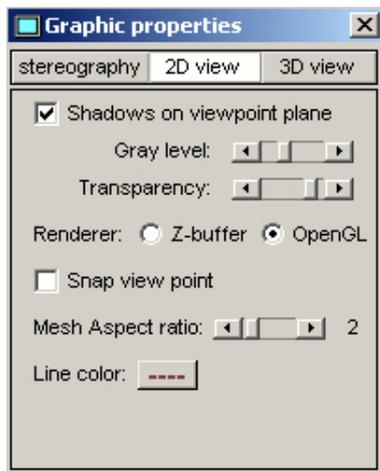
"none" : Quand on déplace le capteur dans la vue 2D, les masques ne sont pas mis à jour, jusqu'à ce qu'on libère le bouton gauche.

"fast" : La mise à jour se produit continuellement, mais de manière frustrée jusqu'à ce qu'on libère le bouton.

C'est en général la meilleure option.

"exact" : La mise à jour se produit continuellement, exactement, mais le logiciel se ralentit beaucoup lorsque la scène devient complexe.

b) Propriétés de l'espace 2D



Ici, nous pouvons (dés)activer les ombres dans l'espace 2D, augmenter ou diminuer leur clarté et leur transparence.

Avec l'option de carte graphique "OpenGL", on voit les transparences, mais certains ordinateurs, en particulier certains portables, supportent mal cette option (apparition d'erreurs graphiques).

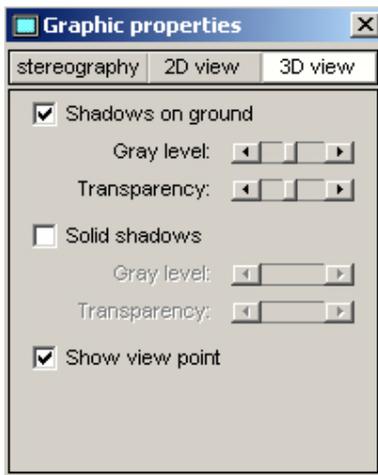
Avec l'option "z-buffer", le système est plus stable, mais les couleurs sont toujours opaques.

La lettre "r" du clavier permet de passer plus rapidement d'une option à l'autre.

L'option "Snap view point" s'applique au capteur : elle l'oblige à se déplacer sur les points de la grille.

L'option "Mesh Aspect ratio" ne devrait pas être modifiée : en général, ses effets sont peu importants et le logiciel peut se ralentir énormément.

c) Propriétés de l'espace 3D

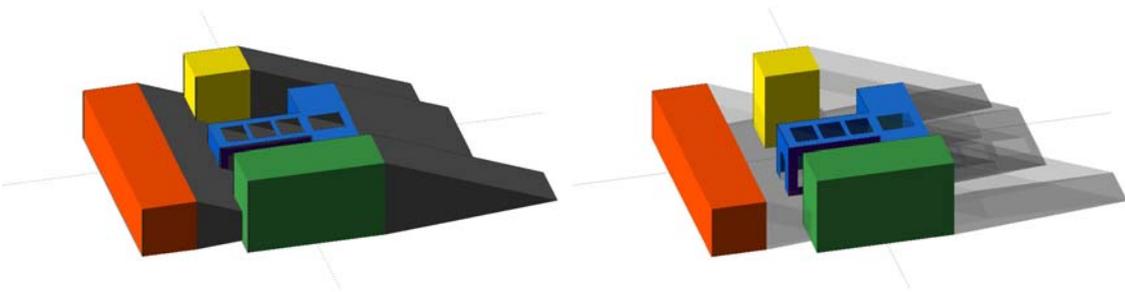


Ici, nous pouvons modifier deux types d'ombres : les ombres sur le sol, que nous avons vues jusqu'à maintenant, et les ombres solides, tridimensionnelles.

Ces dernières peuvent se révéler très intéressantes, par exemple si nous voulons déterminer comment une ombre projetée par un édifice voyage sur les surfaces d'un autre.

Avec la lettre "w" du clavier, on ajoute ou on supprime les ombres solides. Il est intéressant de manier cette option avec la touche "r", qui permet de passer de "z-buffer" à "OpenGL" : avec la première, les ombres solides sont opaques; avec la seconde, elles sont transparentes et se recouvrent d'une manière étrange, vu que ce qui est calculé et représenté consiste, en réalité, en l'ensemble des surfaces qui limitent une ombre. De ce fait, on ne doit pas chercher le réalisme dans les variations de gris que se présentent : elles

proviennent seulement du recouvrement des différentes surfaces limitées. Cependant, avec un peu de pratique, nous pouvons résoudre n'importe quel problème d'interception posé, à condition de rechercher l'angle adéquat sous lequel observer la scène.



A gauche: ombres solides en "z-buffer" : elles sont opaques et montrent bien leur interception des surfaces verticales de la scène.

A droite: ombres solides en "OpenGL" : elles sont translucides et se recouvrent, mais elles révèlent les "cavités" qu'elles peuvent contenir à cause des ouvertures dans les édifices.

L'option "Show view point" crée dans l'espace 3D deux droites orthogonales en pointillé, qui se croisent sur la position du capteur.

Un autre bouton de la barre iconique affecte la vitesse des calculs: "disable/enable updates". Quand on l'éteint, les ombres et les masques ne sont plus calculés qu'à la demande (en pressant la barre d'espace). Cette option est très utile pour travailler le modelé d'une scène complexe. Elle s'active d'ailleurs automatiquement lorsqu'on importe une scène très complexe.



16. L'image de fond



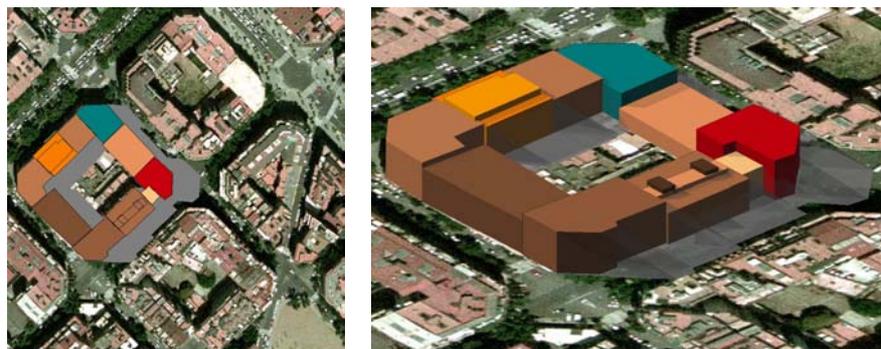
Heliodon 2TM permet d'introduire une image comme fond de l'espace 2D, pour aider à modéliser un édifice ou un quartier. En pressant le bouton correspondant de la barre iconique, nous pouvons choisir un plan ou une photographie, et une nouvelle fenêtre s'ouvre :



Avec deux clics successifs du bouton gauche de la souris, on détermine les extrémités d'un segment qui permettra de donner l'échelle du dessin. Les deux boutons central et droit de la souris permettent de réaliser un "zoom" sur l'image. Sur le clavier, "c" permet d'effacer le segment, "r" annule les opérations de "zoom", "Esc" sort de la fenêtre et, finalement, "s" accepte le segment dessiné, après quoi il nous est demandé combien il mesure (en mètres).

On revient alors à la fenêtre principale, où l'image apparaît maintenant comme fond de la vue 2D, et comme sol de la vue 3D. L'image peut être sélectionnée et éditée, pour la cacher, l'élever, lui donner de la transparence...

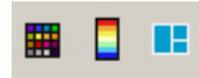
Dans la vue 2D, le "snap" s'est automatiquement désactivé, et nous pouvons modéliser directement sur l'image de fond.



Quand on dessine sans le "snap", quelques raccourcis du clavier peuvent faciliter grandement le travail :

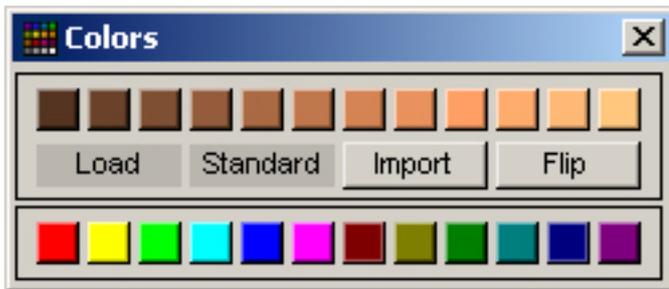
- « s » permet de "snapper" les nouveaux points à des points déjà définis (petit carré jaune)
- « h » force le segment suivant à être horizontal
- « v » force le segment suivant à être vertical
- « n » annule les commandes antérieures

17. Gestion de la couleur



Heliodon 2TM accorde une importance toute particulière à la gestion de la couleur, en offrant à l'utilisateur la possibilité de la contrôler dans tous ses aspects, jusqu'à créer ses propres palettes et gradations de couleur. Les possibilités sont réunies en trois boutons de la barre iconique.

a) Couleurs pour modeler



La première icône ("Modify color palette"), ouvre un menu dont la première ligne montre la gradation actuelle de marrons orangés.

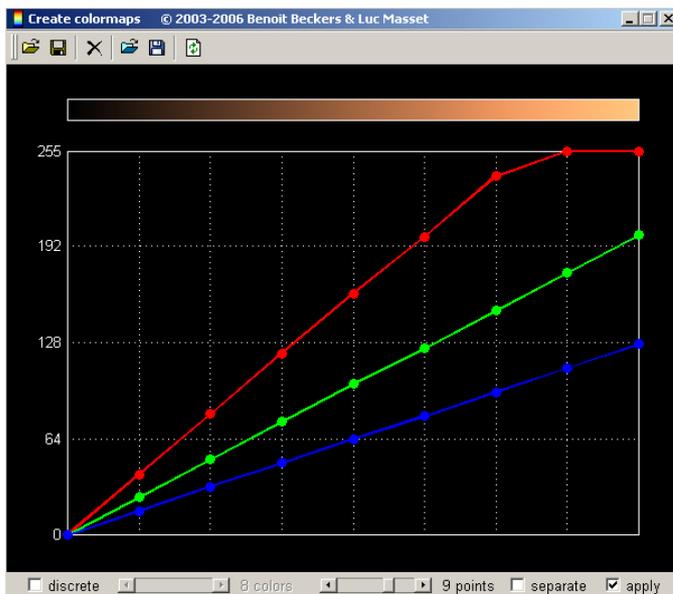
Le bouton "Load" permet de la remplacer par une des palettes créées par l'utilisateur (au départ, on a : "Itten", "Brown" et "Blue2red"). "Standard" permet de la remplacer par une des palettes prédéfinies de

l'environnement Matlab[®]. "Import" permet d'importer une palette en format ".txt". "Flip" inverse l'ordre de la gradation.

La troisième ligne contient les douze couleurs Windows présélectionnées. En choisissant l'une d'elles, on peut la modifier. Les modifications se conservent avec le cas en étude, et n'affecteront donc pas les autres cas étudiés ultérieurement.

Les changements réalisés dans ce menu affectent le menu d'édition des objets, qui est aussi celui qui permet de changer la couleur par défaut dans la barre numérique. Dans ce menu, les deux échelles ici éditées s'ajoutent à l'échelle "Itten", qui ne peut pas être modifiée. Nous utiliserons ces trois échelles pour donner une couleur à chaque objet de la scène.

b) Couleurs pour les cartes



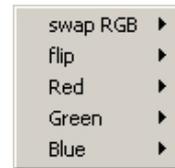
La seconde icône ("Edit color map") ouvre une nouvelle fenêtre, qui nous aidera à créer une nouvelle gradation de couleur.

Les six icônes au-dessus de la fenêtre servent, respectivement, à :

- importer une échelle de la bibliothèque;
- sauvegarder l'échelle actuelle dans la bibliothèque;
- supprimer une échelle de la bibliothèque;
- importer une échelle prédéterminée de Matlab[®];
- enregistrer l'échelle actuelle en format de texte (".txt");
- appliquer l'échelle actuelle au cas d'étude actif.

Dans le graphique, nous pouvons déplacer, avec le bouton gauche de la souris, chacun des points, en modifiant ainsi la pondération des composantes "R", "G" et "B" de l'échelle. L'ordonnée du graphique indique l'intensité de chaque composante, entre 0 et 255.

Avec le bouton droit de la souris, on ouvre un nouveau menu, qui facilite la gestion de chaque composante ou de l'ensemble : on peut inverser les couleurs, établir des pentes nulles ou constantes,...



Sous le graphique, l'option "discrete" transforme l'échelle continue en une gradation discrète, c'est-à-dire : par sauts. On peut ainsi décider le nombre des couleurs qui formeront l'échelle. Il est aussi possible de modifier le nombre des points de contrôle dans le graphique, travailler avec des couleurs séparées (c'est-à-dire : qui ne forment pas une gradation), et désactiver l'option "apply", qui transmet directement les modifications de l'échelle au cas étudié.

L'outil "Create colormaps" est à la fois simple à utiliser et très puissant. Il peut nous aider à améliorer grandement l'aspect graphique de la scène et, surtout, la qualité visuelle des cartes dont on parlera plus avant.

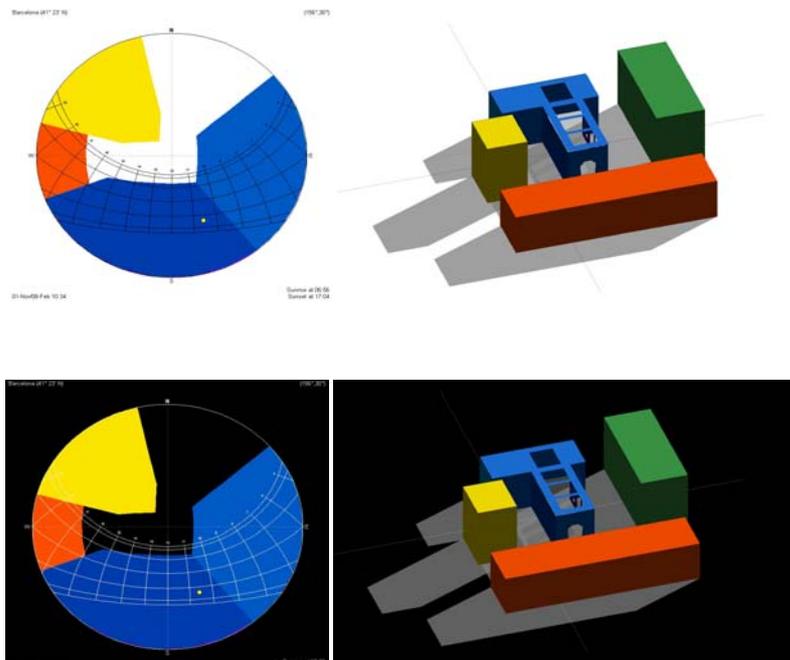
c) La couleur de fond

La troisième icône ("Window background color") ouvre une nouvelle fenêtre, laquelle, malgré son apparente prolixité, ne sert qu'à déterminer la couleur de fond pour la fenêtre principale.



Au départ, le fond est blanc, mais il peut s'avérer très utile de travailler avec un fond noir ou gris, qui produira des résultats plus pertinents pour une présentation à l'écran.

En passant à un fond obscur, le logiciel adapte les graphiques et dessine en blanc les lignes de la stéréographie et des autres diagrammes.



18. La sélection multiple



Le bouton “select multiple objects”, à partir d’une fenêtre ou d’une liste permet de traiter plusieurs objets à la fois.

La sélection par fenêtre peut se réaliser de deux manières : si la fenêtre est définie par un premier clic du bouton gauche en haut à gauche, puis un second clic en bas à droite, seuls les objets entièrement inclus dans la fenêtre rectangulaire ainsi définie sont sélectionnés; si l’on commence en bas à droite et que l’on termine en haut à gauche, tous les objets interceptés par la fenêtre sont sélectionnés.

Prenons l’exemple d’une nouvelle scène, composée de trois bâtiments formés par des prismes ou des plans.

En utilisant la sélection par liste, on ouvre une nouvelle fenêtre « Select objects » divisée en cinq parties.

« filters » propose toute une série de filtres pour restreindre la liste des objets aux plans horizontaux, aux plans verticaux, aux prismes,...

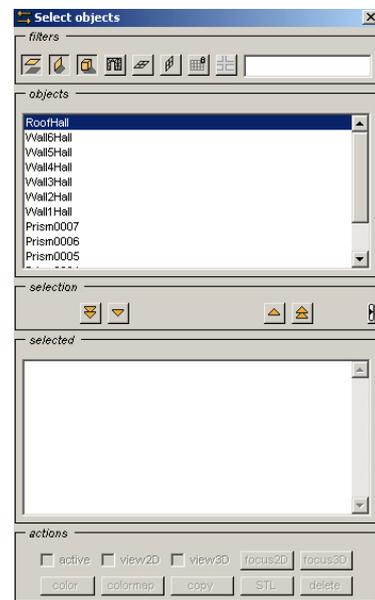
On peut aussi restreindre aux objets dont le nom commence, par exemple, par « Wall* » (les majuscules et minuscules sont distinguées).

« objects » montre la liste des objets ; on peut y présélectionner des objets par simple clic, ou en utilisant les boutons « Ctrl » et « Majuscule » pour présélectionner plusieurs objets à la fois.

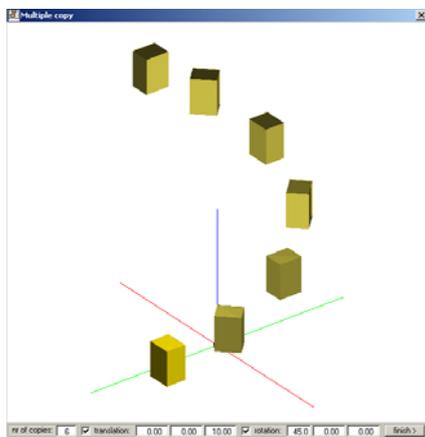
« selection » permet de passer tous les objets de la liste, ou seulement ceux qui sont présélectionnés dans la liste de sélection. A l’extrême droite, un bouton crée une fenêtre 3D qui montre les objets de cette liste.

« selected » montre la liste de sélection.

« actions » permet de réaliser les opérations suivantes sur les objets sélectionnés : activer/désactiver ; montrer/cacher dans les fenêtres 2D et 3D ; centrer les fenêtres 2D et 3D sur les objets sélectionnés ; donner à tous les objets sélectionnés une même couleur (« color ») ou des couleurs choisies au hasard dans une gradation préalablement définie (« colormap »).



On peut aussi copier les objets sélectionnés (copie multiple, avec ou sans rotation), les exporter sous la forme d’un objet STL ou, finalement, les supprimer tous ensemble.



Dans la copie multiple (« copy »), on devra choisir :

- le nombre de copies
- si on veut une translation
- l’incrément de translation
- si on veut une rotation
- l’incrément de rotation.

La figure de gauche montre six copies d’un prisme qui subissent en même temps une translation verticale de 10 mètres et une rotation de 45 degrés. Les six copies forment alors une spirale ascendante. Avec “finish >”, on retourne à la fenêtre principale.

19. Les fichiers “stl”

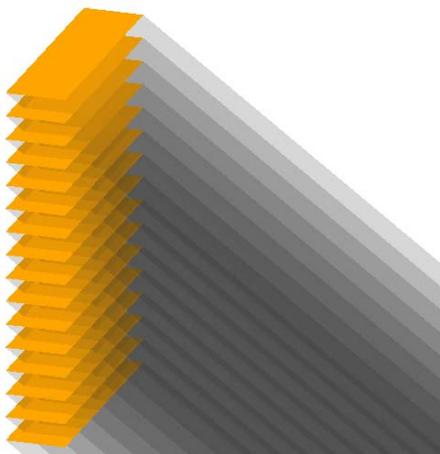


Heliodon 2TM reconnaît le format “stl”, un des plus anciens et des plus simples de l’infographie 3D. Une surface tridimensionnelle peut toujours être approchée par une maille formée par des triangles. Dans le format “stl”, n’importe quelle scène 3D se réduit à une liste de triangles mémorisés au moyen des trois coordonnées de leurs trois sommets plus celles de leur normale.

Presque tous les programmes de dessin 3D permettent d’importer et d’exporter des fichiers “stl”. Dans la pratique, on pourra ainsi importer n’importe quelle scène modélisée dans un autre logiciel, et exporter les scènes ici développées vers n’importe quel autre logiciel (avec les deux boutons correspondants de la barre iconique).

Or, nous venons de voir que la fonction de sélection multiple permet d’exporter seulement une partie de la scène en cours. Cette possibilité nous permettra de constituer progressivement une bibliothèque entière d’objets complexes (meubles, persiennes, édifices standard...).

Voici un exemple.



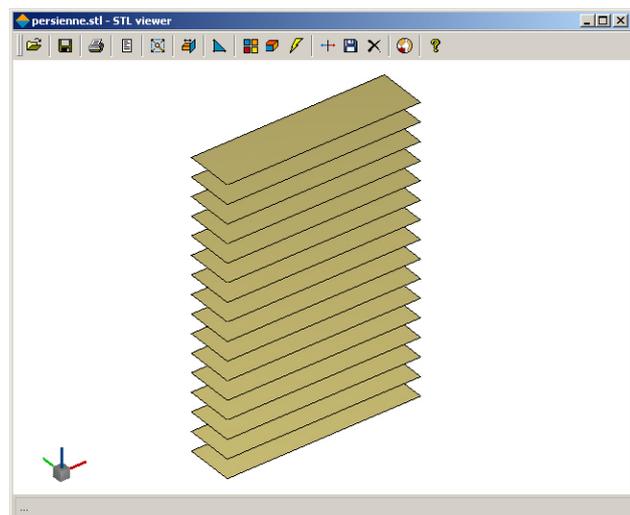
1. On crée un plan horizontal de 1m x 0.25 m.
2. On le sélectionne avec la fenêtre de sélection multiple.
3. On le copie 15 fois avec un intervalle de 0.1 m.
4. On sélectionne à nouveau l’ensemble des plans.
5. On les exporte comme “stl”, avec le nom de “persienne.stl”.
6. On supprime les 15 plans de l’espace 2D.

7. On crée une paroi avec trois fenêtres de 1m x 1.5 m.

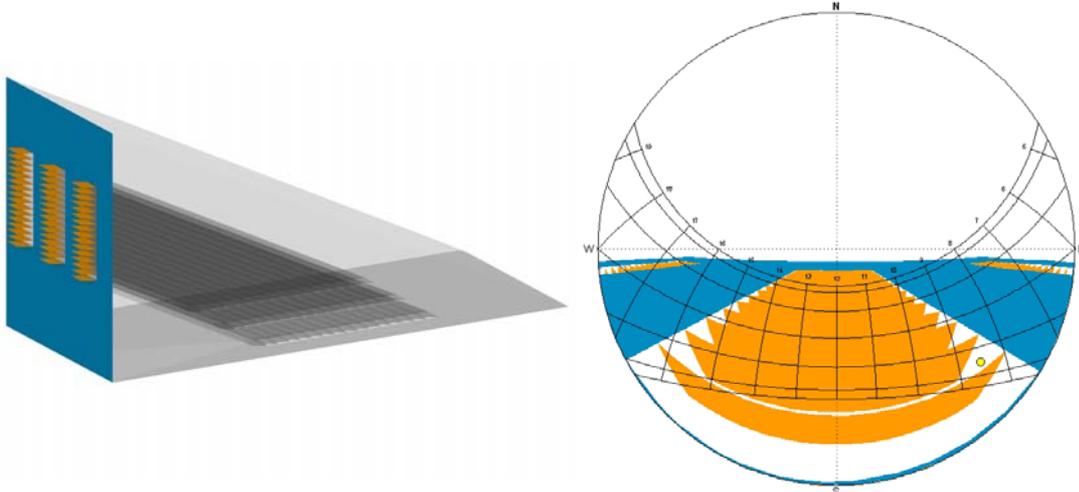
8. On importe “persienne.stl”. Une nouvelle fenêtre nous montre l’ensemble composé de 64 triangles. On vérifie que les mesures sont correctes. On retourne à la fenêtre principale grâce à l’avant-dernier bouton (🏠).

9. En utilisant “move” et “lift”, on situe la persienne devant l’une des fenêtres.

10. En utilisant “move” avec le bouton central de la souris, on copie la persienne vers les deux autres fenêtres.



D'une manière très simple et rapide, on a construit la situation suivante. Le capteur, situé près de la fenêtre centrale, à un mètre cinquante du sol, recevra les rayons du soleil en de brefs moments de la journée, surtout en hiver et pratiquement pas au solstice d'été. Aux équinoxes, il recevra même de la lumière directe depuis les trois fenêtres, en différents instants du jour. Pour l'éviter, il faudrait encadrer la persienne, en la dotant de montants verticaux....

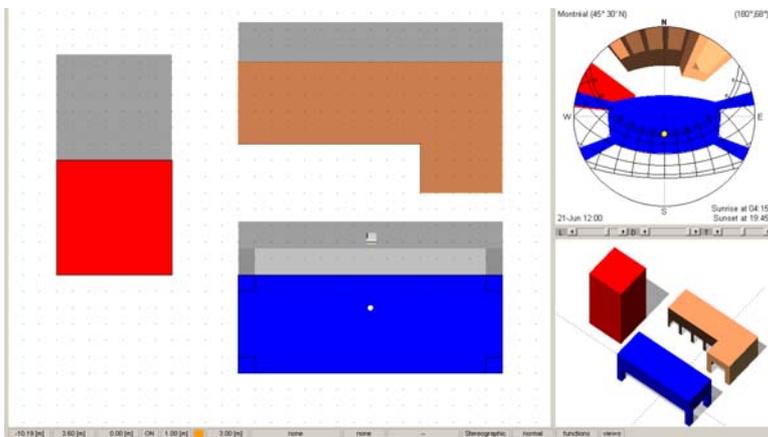
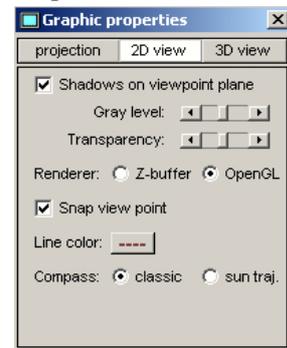


20. La projection isochrone

Nous allons maintenant passer à des calculs plus synthétiques, qui nous permettront de mieux évaluer l'apport solaire dans une scène donnée. Dans un premier temps, nous nous intéressons à ce qui se passe en un point de la scène, et nous voudrions exploiter l'information que nous donne la stéréographie.

Puisque nous étudierons différents points de la scène, il convient de les situer précisément. Dans le menu des propriétés graphiques de la fenêtre 2D, on active « Snap View point », ce qui forcera le capteur à se déplacer dorénavant sur les points de la grille.

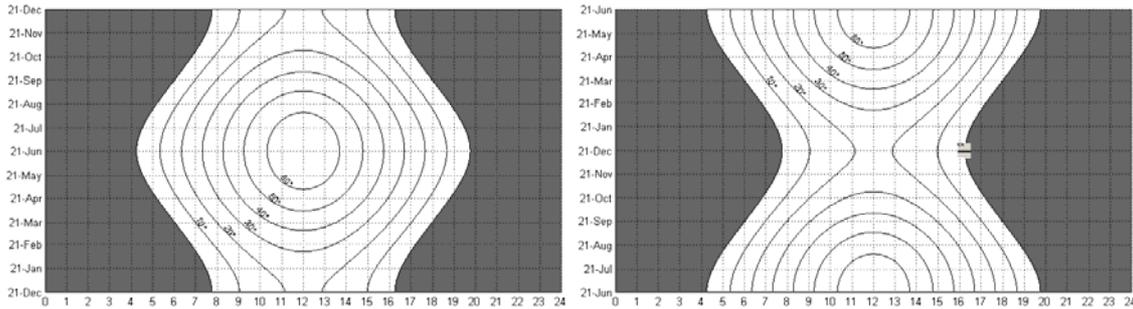
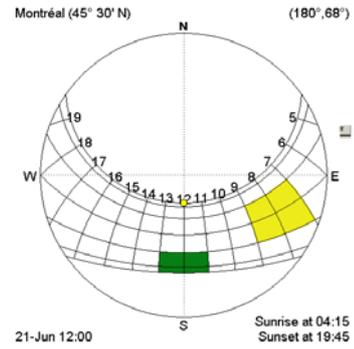
Soit une nouvelle scène, composée de trois bâtiments : une tour (en rouge), un bloc sur pilotis (en bleu, cinq prismes coloriés ensemble, grâce à l'option « color » de la sélection multiple) et un édifice bas, percé de diverses fenêtres (un prisme décomposé, dont les plans ont été coloriés aléatoirement selon la gradation chromatique « init », grâce à l'option « colormap » de la sélection multiple).



Le capteur est situé au niveau du sol, sous le portique bleu. Sur la stéréographie, on observe qu'il est protégé du soleil en été (sauf le matin et le soir, malgré la présence de la tour rouge qui masque le soleil au crépuscule), et qu'il est en revanche ensoleillé sans obstruction le 21 décembre (on est à Montréal).

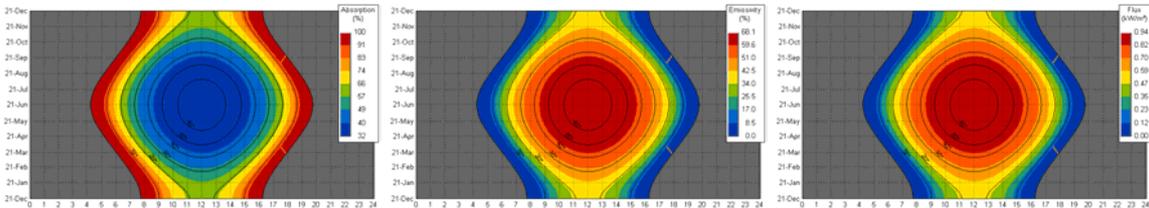
On peut compter le nombre d'heures d'ensoleillement pour chaque journée, mais c'est assez imprécis, et nous serions bien en peine d'évaluer le nombre annuel d'heures d'ensoleillement. Or, la stéréographie ne nous permet pas de procéder facilement à une intégration, car ni les jours ni les heures n'y sont équidistants. Ainsi, les surfaces jaune et verte

de l'illustration suivante recouvrent le même intervalle temporel (4 heures pendant 4 mois), mais la zone jaune est bien plus étendue que la zone verte. La touche « 7 » du clavier permet d'accéder à une nouvelle représentation, la « projection isochrone », où les heures et les jours sont équidistants, ce qui signifie que deux zones de même surface dans ce graphique représentent un même intervalle temporel. A notre connaissance, ce graphique, qui apparaît souvent dans l'exposition de résultats mesurés (puisqu'il est assez naturel), n'a cependant jamais été défini jusqu'ici comme projection. C'est donc un apport original d'*Heliodon 2TM*, auquel nous avons donné le nom d'*isochrone*, c'est-à-dire : « qui procède par temps égaux ».



Dans ce graphique, on passe de la nuit (en gris) au jour. Les courbes d'isovaleurs montrent la hauteur atteinte par le soleil. La touche « c » permet de changer la date de la coupe (21 décembre ou 21 juin). On voit que le jour est plus long au solstice d'été, et que le soleil y atteint son point culminant (68° à Montréal le 21 juin à midi). D'autres touches, signalées dans le menu « ? » de cette nouvelle fenêtre, permettent de modifier son apparence (couleur de la nuit,...).

La touche « m » nous permet de faire apparaître, successivement, trois informations équivalentes : l'absorption, l'émission et le flux radiatif.

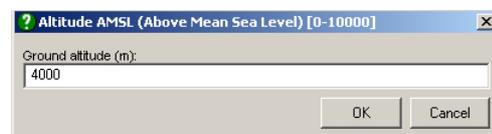


Ces trois valeurs sont relatives à l'absorption du flux solaire par l'atmosphère, qui est directement proportionnelle à l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée. Celle-ci diminue évidemment avec la hauteur du soleil, atteignant son minimum lorsque celui-ci atteint le zénith et son maximum (100% d'absorption) lorsqu'il est à l'horizon.

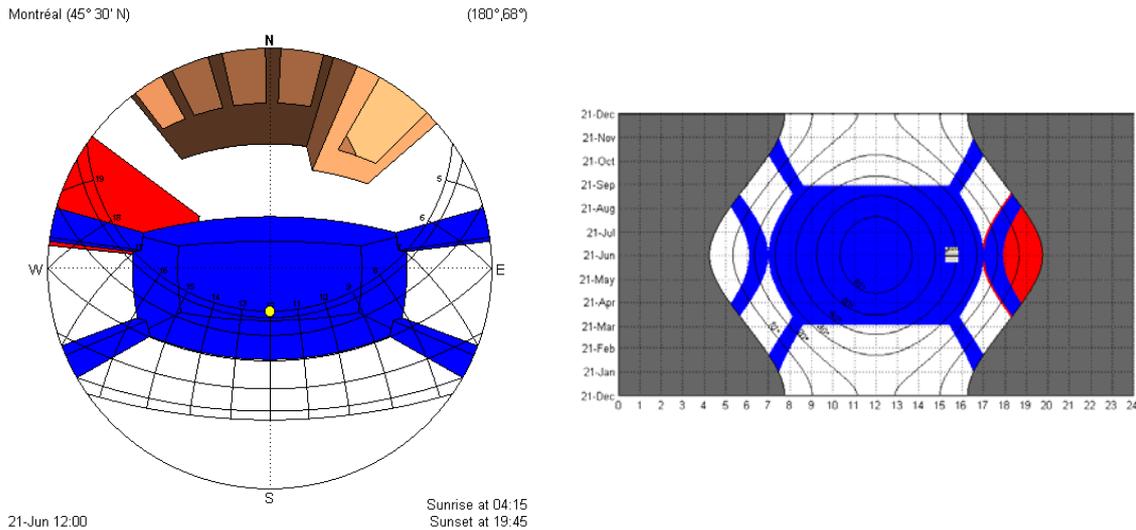
Les valeurs ici proposées prennent en compte une turbidité moyenne de l'atmosphère, ce qui explique que le graphique est symétrique alors que, d'ordinaire, l'atmosphère est plus limpide l'après-midi que le matin.

En revanche, on tient compte de l'altitude (plus celle-ci est élevée, plus la couche atmosphérique se réduit. Normalement, il convient de spécifier directement l'altitude d'une ville lors de sa description (base de données des villes, voir plus haut). Toutefois, on peut à tout moment modifier l'altitude de la scène (son élévation par rapport au niveau moyen de la mer) en pressant la touche « a » du clavier.

Montréal, ici supposé au niveau de la mer, offre un flux solaire maximum de 0.94 kW/m² le 21 juin à midi. Si on haussait cette ville à l'altitude de La Paz (la ville la plus haute du monde, qui culmine à 4000 mètres environ), ce flux passerait à 1.09 kW/m², soit un gain de presque 16%.



En revenant à notre scène, on obtient, pour le point choisi, l'isochrone suivante, que l'on peut comparer à la stéréographie :



L'information est la même, sauf que la stéréographie montre tout l'hémisphère visible, tandis que l'isochrone se limite à représenter les trajets solaires. Ainsi, l'édifice brun, qui ne masque jamais le soleil au point choisi, disparaît-il de l'isochrone. Il faut aussi faire attention à ce que la stéréographie, qui met l'est à droite et l'ouest à gauche, se lit de droite à gauche, tandis que, dans l'isochrone, le jour défile, plus conventionnellement, de gauche à droite.

Si on se fixe, par exemple, sur le 21 juin, on lira cependant la même information sur les deux graphiques : le soleil se lève un peu après 4 heures du matin, est masqué par l'édifice bleu entre 6 heures et 18 heures, puis c'est la tour rouge qui cache le soleil, jusqu'au crépuscule. Le 21 décembre, le soleil n'est jamais masqué.

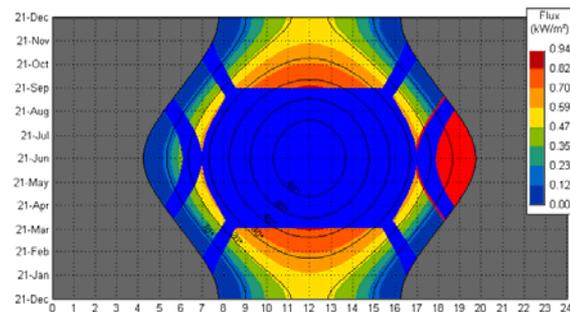
On remarque que la stéréographie permet mieux de se situer (puisque toute la scène est visible), tandis que l'isochrone permet de comparer plus facilement les intervalles temporels.

La superposition des masques sur les courbes de flux solaire manifeste de nouvelles informations. Ainsi, pour le point étudié, on vérifie que les heures de plus fort rayonnement sont masquées, ce qu'on pouvait déjà prévoir sur la stéréographie. Mais on observe aussi que le rayonnement le plus intense se produira non pas durant les matins d'été, mais toujours à midi, aux équinoxes.

Si l'on cherche à réduire encore la radiation annuelle (ou, plus probablement, à éliminer les derniers pics d'intensité), un auvent au sud sera plus efficace que des protections latérales.

Surtout, le diagramme isochrone va nous permettre d'intégrer les heures d'ensoleillement et le flux solaire. Dans ce cas, on passera d'une puissance instantanée (en kW/m^2) à des énergies (en kWh/m^2), éventuellement intégrées à leur tour sur des surfaces réceptrices (donc, en kWh).

Pour ce faire, il faudra d'abord déterminer les intervalles temporels d'intégration sur la stéréographie. C'est ce que nous permet de faire la fonction « F7 ».

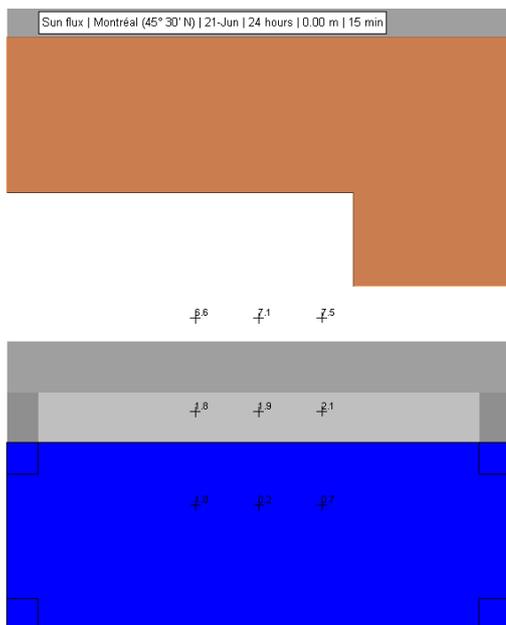


21. Valeurs ponctuelles d'ensoleillement

Si, dans la fenêtre principale du logiciel, on presse la touche « v » du clavier, une valeur numérique s'écrit près du capteur. En déplaçant celui-ci et en répétant l'opération, on obtient toute une série de valeurs dans la fenêtre 2D. Pour savoir de quoi il s'agit, il faut agrandir cet espace (touche « 2 »). Dans la fenêtre 2D agrandie, une cartouche de texte donne l'explication.

Ce sont les heures d'ensoleillement (« sunny period ») calculées sur les 24 heures du 21 juin au niveau du sol (« 0.00 m ») à partir d'un calcul réalisé toutes les 15 minutes.

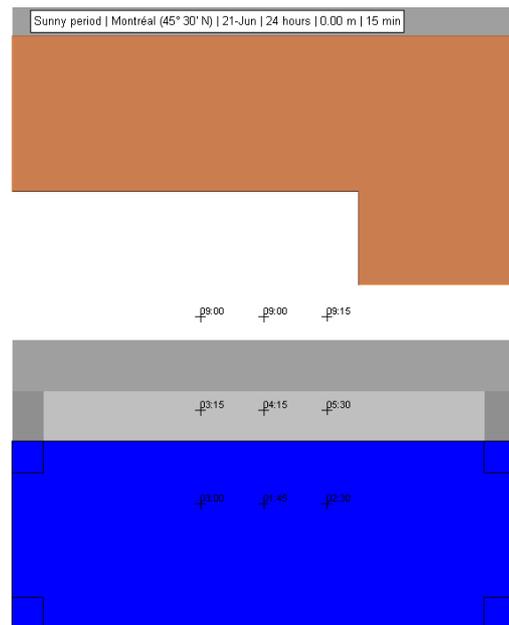
On apprend donc que, dans cette scène, à la latitude de Montréal, on aura au moins 9h00 d'ensoleillement au centre du patio, mais seulement entre 1h45 et 3h00 sous le portique, pour les points choisis.



pas la même valeur selon qu'on les incline orthogonalement au flux (valeur maximale) ou obliquement (la valeur mesurée tend vers zéro si l'instrument est placé tangentielle au flux). Donc, ces instruments se comportent comme le ferait une surface réelle (un mur, un panneau, une cellule...), laquelle sera d'autant plus illuminée et échauffée que l'angle de sa normale au flux incident sera faible. C'est pourquoi on donne autant d'importance à l'orientation des panneaux solaires.

Ici, il faudrait imaginer un capteur sphérique, qui prendrait également le flux quelle que soit son incidence. Ce serait le cas d'un panneau solaire motorisé, qui s'oriente continuellement pour suivre le soleil, à la manière d'un tournesol. Les valeurs énergétiques ici indiquées correspondent donc au maximum d'insolation disponible dans le volume, et sont toujours supérieures à ce que recevra une surface réelle immobile.

Si on revient à la fenêtre principale (en minimisant la fenêtre 2D, sans la fermer), on a accès à de nouvelles options. La lettre « V » supprime le dernier point calculé et ainsi de suite jusqu'au premier. Si on change un paramètre déterminant pour le calcul (par exemple, en modifiant l'élévation du capteur, la latitude, l'altitude,...), les valeurs disparaissent, mais les



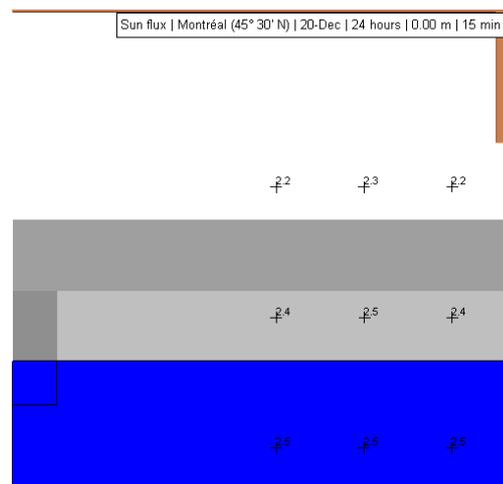
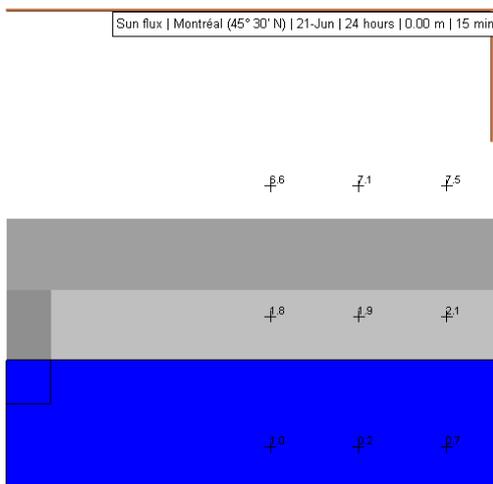
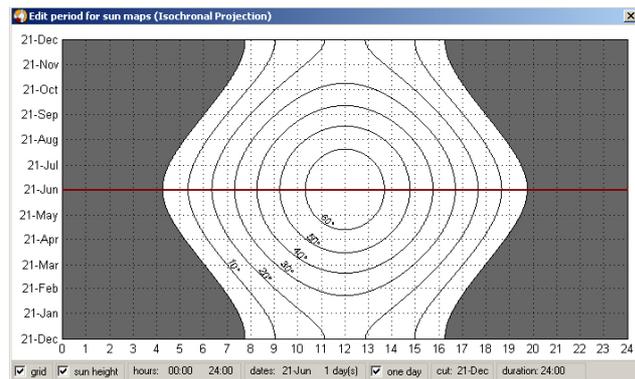
En pressant la lettre « k », on obtient d'autres valeurs : il s'agit cette fois d'énergies, exprimées en kWh (« sun flux »), calculées dans les mêmes circonstances. On obtient ainsi jusqu'à 7.5 kWh dans le patio, et moins d'1 kWh sous le portique (cette valeur descend jusqu'à 0.2 kWh en son centre).

Ces valeurs énergétiques ne sont pas forcément directement proportionnelles au nombre d'heures d'ensoleillement, puisque la traversée de l'atmosphère est prise en compte. Donc, une heure d'ensoleillement tôt le matin apporte moins d'énergie qu'une heure à midi.

Ces valeurs ne correspondent cependant pas à ce que la majorité des instruments de mesure nous indiqueraient un jour ensoleillé. En effet, ces instruments sont généralement plats et orientés : ils ne prennent

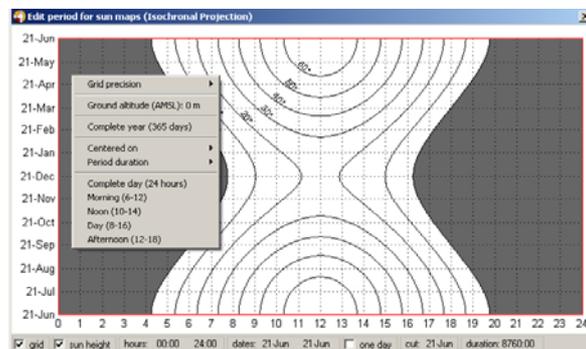
points restent indiqués par de petites croix. Il suffit alors d'utiliser la fonction « F8 » pour mettre toutes les valeurs à jour.

Enfin, on peut modifier l'intervalle temporel et la précision du calcul grâce à la fonction « F7 », qui ouvre une nouvelle fenêtre. Dans celle-ci, on observe une ligne rouge horizontale, qui indique les 24 heures du 21 juin, l'intervalle d'intégration prédéfini. L'opération la plus simple consiste à cliquer le bouton droit de la souris sur l'indication « cut: 21-Dec », dans le menu inférieur qui change la date de coupure au 21 juin. Ce faisant, puisque la ligne rouge reste immobile, le jour sélectionné passe automatiquement du 21 juin au 21 décembre. Ceci est très pratique, car si on referme cette fenêtre et que l'on met à jour les calculs, on peut directement comparer les situations extrêmes des deux solstices. En effet, si on avait pris soin de ne pas refermer l'ancienne fenêtre 2D (correspondant au 21 juin), on obtient maintenant, en pressant à nouveau la touche « 2 », une nouvelle fenêtre 2D. On ne risque pas de confondre les différentes fenêtres 2D ouvertes, puisque chacune est munie de sa cartouche de texte où sont indiqués tous les paramètres influents.



On remarque ici que les valeurs d'ensoleillement sont beaucoup plus stables en hiver (elles varient seulement entre 2.2 et 2.5 kWh), car le soleil, beaucoup plus bas, passe toujours sous le portique, même à midi. On remarque aussi que le flux solaire sous le portique est beaucoup plus important en hiver qu'en été, où le portique forme un masque efficace...

Retournons maintenant à l'isochrone de la fenêtre « F7 ». Avec un clic du bouton droit sur le dessin, on ouvre un menu qui commence par l'option « Grid precision ». Celle-ci permet de modifier la précision des calculs. La valeur prédéterminée est d'un calcul toutes les 15 minutes. En abaissant cette valeur à une minute, on obtiendra un calcul beaucoup plus précis, mais 15 fois plus long...



Une autre option utile est celle de « Complete year ». Si on l'active, on remarque que la ligne rouge s'est transformée en un cadre qui englobe toute l'isochrone. Le calcul s'effectuera maintenant sur les 365 jours de l'année.

Dans la fenêtre 2D, on obtiendra évidemment des valeurs ponctuelles beaucoup plus importantes. Il peut être utile d'y utiliser alors la touche « m », qui moyenne les résultats sur une journée (en divisant, dans ce cas-ci, la valeur totale par 365).

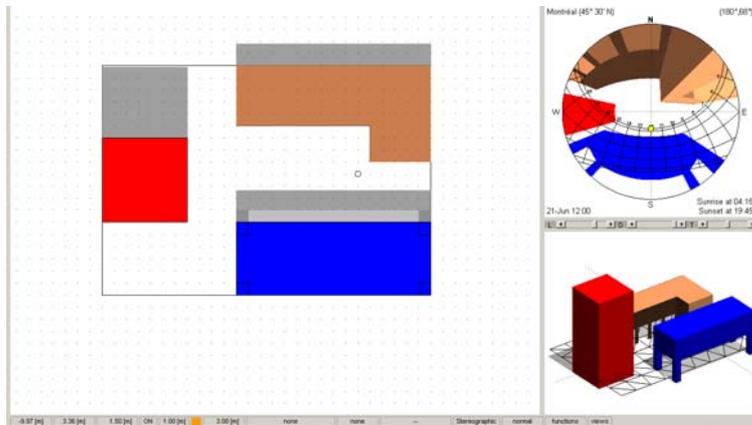
Les options suivantes du menu permettent de définir l'intervalle temporel autour d'une date particulière (par exemple le solstice d'été) avec une durée déterminée (par exemple : un mois). On peut enfin limiter l'intervalle aux matinées, aux après-midi, ou le centrer sur midi...

Les options de la barre inférieure de la fenêtre isochrone permettent de déterminer l'intervalle de manière plus précise, en jouant sur les heures et sur les dates (un clic du bouton droit sur une date fait apparaître un calendrier). Enfin, on peut directement modifier l'intervalle temporel sur l'isochrone, en étirant le cadre rouge (bouton central) ou en le déplaçant (bouton gauche). Il faut alors toujours cliquer tout près des lignes rouges, puis « tirer dessus ».

22. Calcul d'enseillement sur des coupes



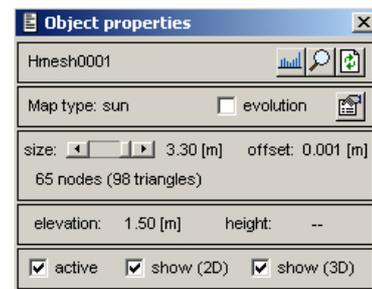
Les calculs antérieurs peuvent être généralisés sur des surfaces de coupe, horizontales ou verticales, qui se dessinent exactement comme les panneaux plans.



Dessignons une grille horizontale à 1.5 mètre au-dessus du sol. Cette grille représente une coupe dans le volume, à hauteur des yeux d'un passant. Elle ne correspond pas à une surface réelle, avec laquelle il ne faut pas la confondre. En effet, tous les calculs s'y produiront sans prendre en compte l'angle d'incidence du flux solaire.

La grille apparaît dans l'espace 3D comme un maillage : les calculs s'effectueront en chacun des nœuds de celui-ci. En éditant la grille, on ouvre un menu avec de nouvelles options.

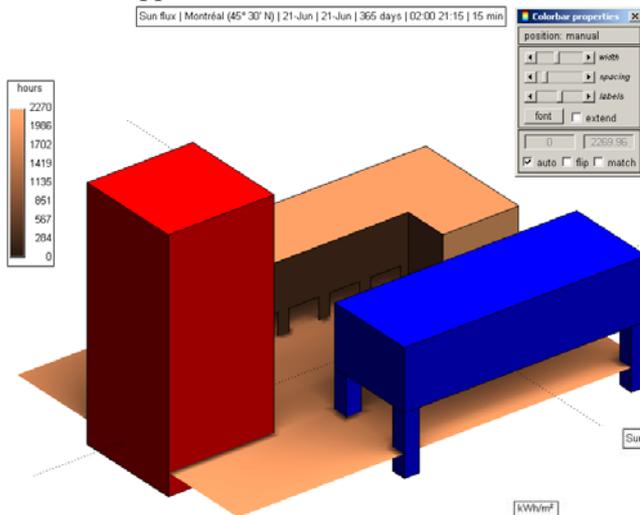
Les deux dernières lignes sont les mêmes que pour les plans. La ligne centrale est munie d'un curseur suivi d'une indication numérique, qui donne la distance entre deux nœuds de la grille. On peut la modifier directement, soit en cliquant dessus le bouton droit de la souris, soit en déplaçant le curseur (attention, dans ce cas, à ne pas le tirer trop brusquement vers la gauche, car le temps de réponse peut être très long...). L'offset est la distance des nœuds du contour au périmètre même de la grille. En général, on ne modifiera pas sa valeur.



Sur la ligne en dessus, l'icône de droite permet d'accéder à l'isochrone, afin de modifier l'intervalle temporel d'intégration (équivalent à la fonction « F7 » vue précédemment). Sur la première ligne, l'icône de droite lance le calcul. On remarque que le maillage se colorie dans l'espace 3D. Il suffit ensuite d'agrandir cet espace (touche « 3 »), et l'on accède à la fenêtre 3D, qui permet de travailler l'aspect graphique du résultat.

On y trouve, comme dans la fenêtre 2D vue précédemment, une cartouche de texte où sont repris tous les paramètres qui ont eu de l'influence sur le calcul. On trouve également une barre de couleurs, que l'on peut déplacer avec le bouton gauche de la souris, et dont on peut ouvrir le menu des propriétés en cliquant dessus (sur l'espace laissé en blanc) avec le bouton droit de la souris. La touche « k » permet de passer en kWh/m² et la touche « m » permet d'obtenir une moyenne journalière. La fonction « F5 » permet de changer directement la barre de couleurs.

Dans le menu « Colorbar properties », on trouve d'abord une série d'options pour modifier l'apparence de la barre de couleurs.



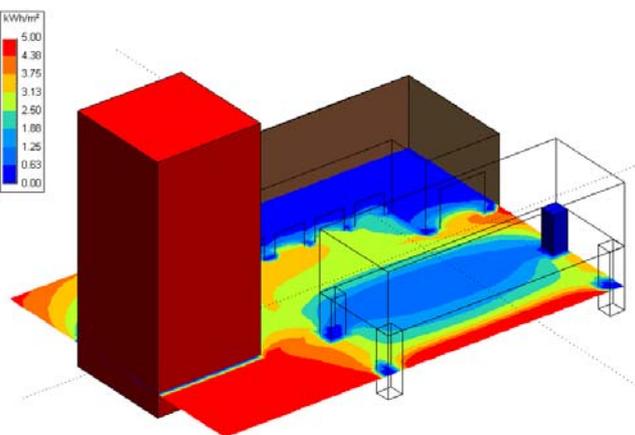
Si l'on désactive l'option « auto », on pourra modifier librement les bornes de la barre de couleurs.

En activant l'option « match », on passe d'une gradation continue dans la couleur à une gradation discrète, qui fait apparaître des courbes de niveau sur la carte. En double-cliquant sur les objets qui nuisent à la visualisation, on les réduit à de simples contours en fil de fer.

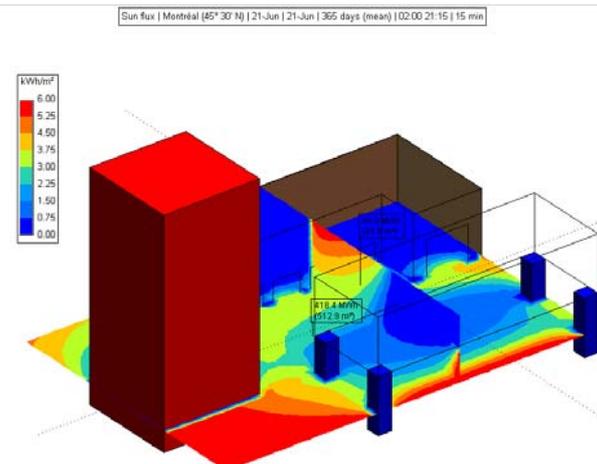
Pour améliorer encore la qualité de la carte obtenue, il faudrait :

- préciser encore le maillage (ici de 50 centimètres)
- diminuer l'intervalle d'intégration (ici de 15 minutes).

Bien sûr, cela ralentira beaucoup le calcul. Il s'agira donc, à chaque fois, de trouver un bon compromis entre temps de calcul et qualité des résultats.



Nous créons maintenant une seconde grille, cette fois-ci verticale. La fonction « F9 » va nous permettre de traiter ensemble toutes les grilles actives. On peut changer leur résolution, modifier l'intervalle temporel et, enfin, avec « update », effectuer leur calcul en une seule fois.

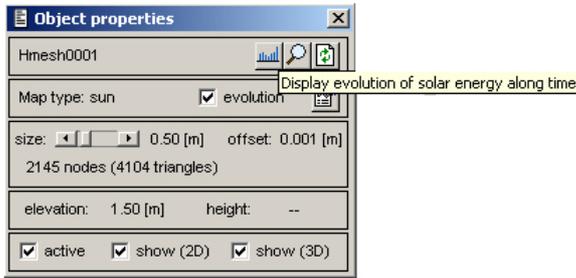


Après être retourné dans la fenêtre 3D, nous pouvons, avec la touche « d », faire apparaître un label sur chacune des grilles, où sont indiquées l'énergie totale reçue par la grille et la surface totale de celle-ci. La touche « D » cache les labels.

On remarque que les deux grilles se rencontrent sans solution de continuité. Ceci est logique, puisque les calculs ne dépendent pas de l'orientation de chaque grille ; ils donnent donc forcément les mêmes résultats sur la droite de rencontre...

Lorsque plusieurs fenêtres 3D sont ouvertes simultanément, deux fonctions deviennent très utiles : « F4 » transmet tous les paramètres de la fenêtre active aux autres fenêtres, ce qui permet ensuite de mieux les comparer (même échelle de couleurs, même vue,...) ; « F3 » transmet cette information à la fenêtre principale du logiciel.

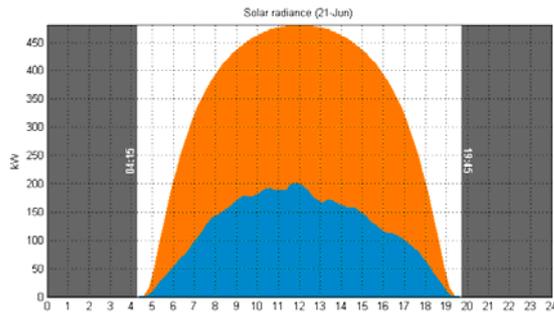
Revenons maintenant à la grille horizontale, et retournons dans sa fenêtre d'édition, où l'on peut activer l'option « evolution ».



Si l'on met ensuite à jour le calcul, celui-ci prendra plus de temps que précédemment, car de nombreuses informations sont enregistrées sur l'évolution temporelle de la grille entière. Il s'agit d'une nouvelle forme de condenser l'information, annoncée par les labels, où la grille entière est considérée comme un simple capteur.

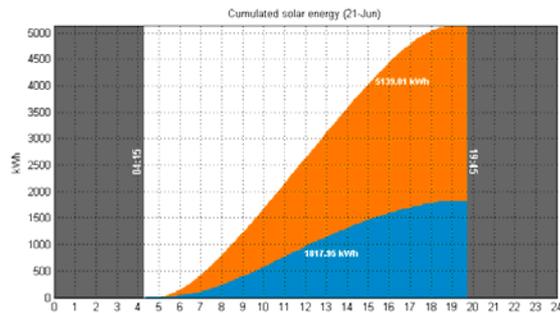
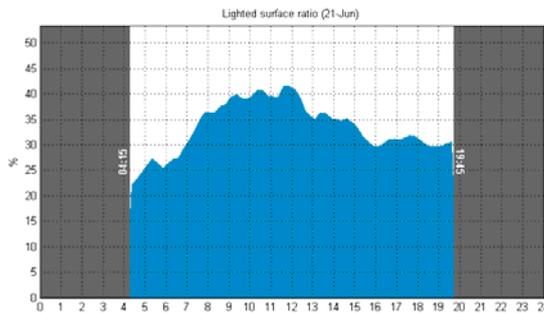
Une fois le calcul terminé, on

accède aux résultats en pressant le bouton « Display evolution of solar energy along time ».

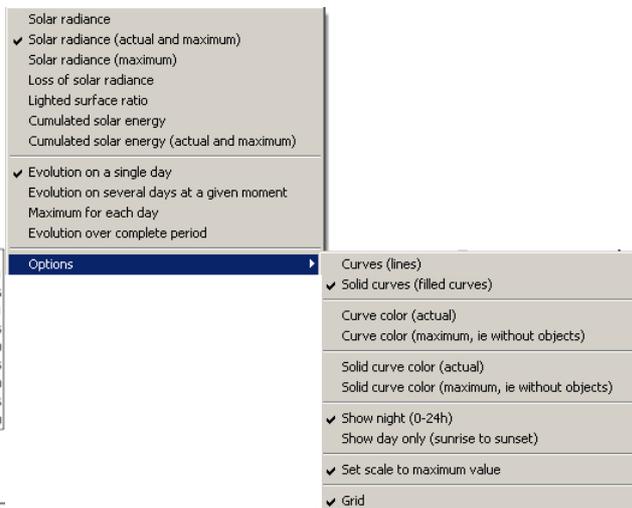
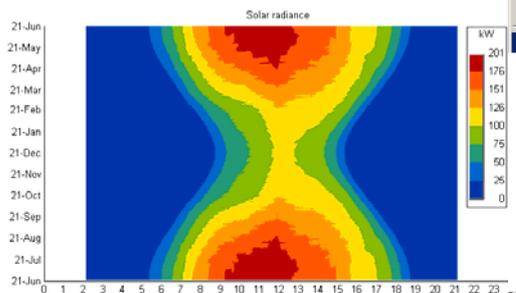


Le premier graphique nous montre ainsi l'évolution du flux reçu d'heure en heure le 21 juin. En pressant la barre d'espacement où les flèches, on se déplace de jour en jour. En orange, on voit le flux qu'il aurait été possible de recueillir en l'absence de masques. En bleu, on voit ce que l'on recueille réellement.

En pressant la touche « enter », on passe successivement par d'autres expressions de ce graphique (ratio de surface éclairée, courbes cumulées...)



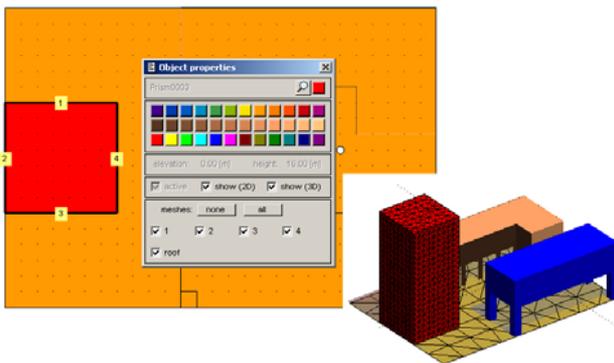
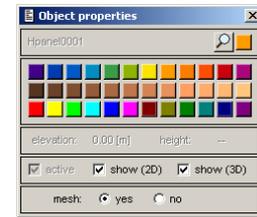
En cliquant le bouton droit sur le graphique, on ouvre un menu d'options. On peut ajuster les graphiques, et en obtenir d'autres pour des périodes complètes de l'année.



23. Calcul d'enseiement sur les objets

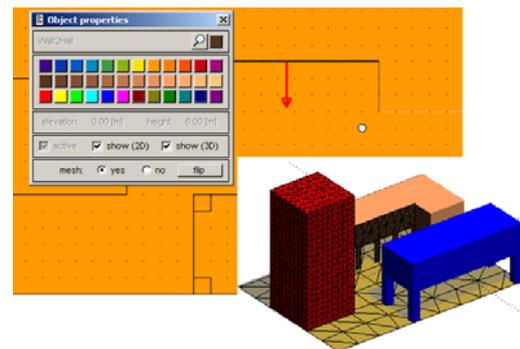
Tous les calculs expliqués dans le chapitre précédent peuvent également s'appliquer à des surfaces réelles : plans, prismes et objets « stl ». La seule différence est que l'angle d'incidence du flux solaire est alors pris en compte : le soleil éclaire au maximum les surfaces qui sont normales à son flux, et n'éclaire plus du tout celles qui lui sont tangentes. On obtient alors une évaluation de la radiance équivalente à celle que donnerait un instrument de mesure.

Pour mailler un objet, il suffit de l'éditer et de travailler avec les dernières lignes du menu. Si l'on veut calculer la radiation sur le sol, il faut d'abord le matérialiser, en créant une surface horizontale d'élévation nulle. En l'éditant, il suffit d'activer son maillage (« mesh : yes »).

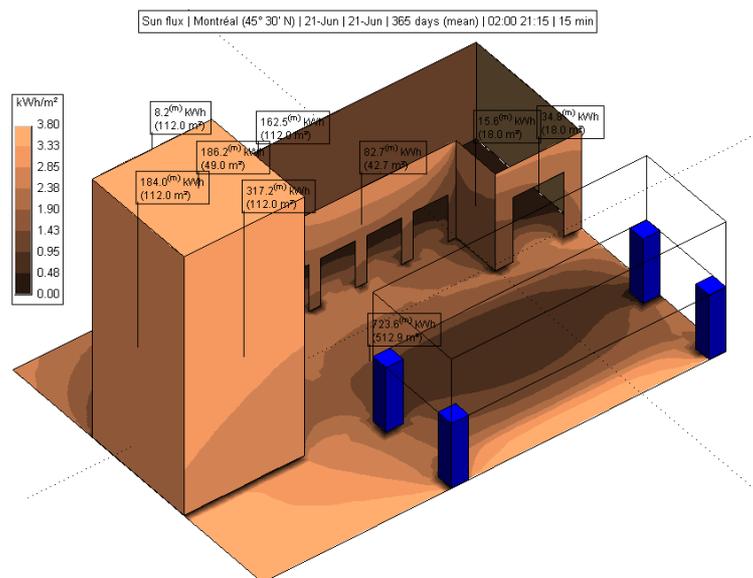


Lorsqu'on édite un prisme, comme la tour rouge de notre scène, on peut mailler chacune de ses surfaces (des indications chiffrées apparaissent dans la vue en plan pour s'y retrouver), ou bien, grâce à l'option « all », les mailler toutes ensemble, y compris le toit.

Dans le cas d'un plan vertical, une flèche rouge apparaît pour indiquer la normale et l'orientation du plan. Grâce à l'option « flip », on peut décider si on va étudier l'intérieur ou l'extérieur de cet édifice.

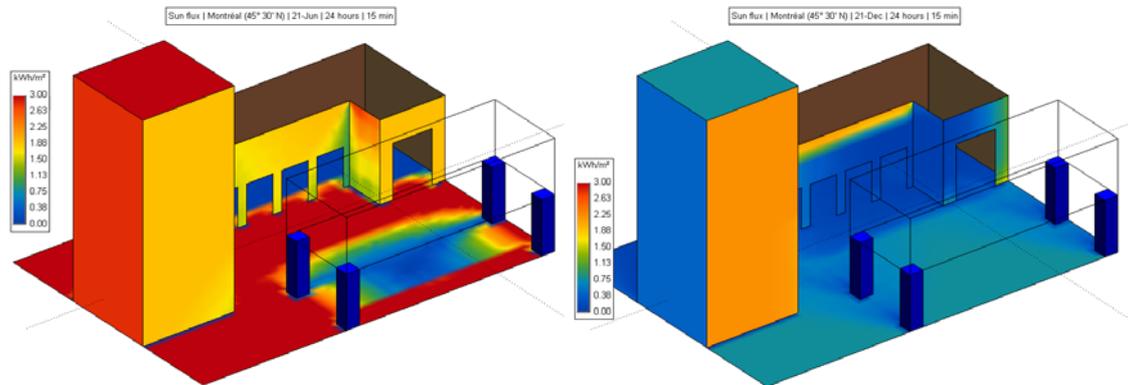


On utilise ensuite la fonction « F9 » pour régler les paramètres puis calculer toutes les mailles d'un seul coup.



On peut ainsi obtenir un bilan annuel de l'irradiation sur les surfaces choisies. Les labels (touche « d ») permettent de se faire une première idée de la distribution des irradiances sur les différentes surfaces. Dans ce calcul, on suppose forcément que toute l'année est ensoleillée ; les valeurs obtenues sont donc très optimistes, mais elles donnent déjà une indication qui nous permettra de comparer différentes configurations de la scène.

Une démarche plus pertinente consiste à calculer puis à comparer les deux cas extrêmes (le 21 juin et le 21 décembre). Pour ce faire, on travaille la qualité graphique sur l'une des deux fenêtres 3D résultantes, puis on transfère les paramètres établis à l'autre fenêtre, grâce à la touche « F4 ».



Ici, on peut commencer à déduire des conclusions intéressantes. Le portique crée au sol une zone protégée en été, mais ensoleillée en hiver. En revanche, il est néfaste pour l'intérieur de l'édifice percé, qu'il obscurcit beaucoup en hiver, sans le protéger en été. A cette époque, des protections additionnelles seraient bienvenues pour chacune des fenêtres (de simples linteaux peu saillants suffiront probablement).

Pour aller plus loin dans l'analyse, on peut calculer l'évolution sur chacune des parois, comme pour les grilles de coupes. Dans tous les cas, il est possible de créer un fichier de type « csv », qui pourra être lu ensuite par des logiciels de type « Excel[®] », grâce à l'icône  correspondante.

Town:	Montréal	Latitude:	45° 30' N	Day:	21-Dec				
	Starting hour:		0:00	Ending hour:	24:00	Grid precision			15 min
Object		Area (m ²)		Total energy (kWh)					
Hpanel0001		512.9		192.6					
Wall4Hall		18.0		8.7					
Wall3Hall		18.0		0.6					
Wall2Hall		42.7		28.3					
Prism0003		496.8		366.2					
Object	Surface	Area (m ²)	Mean daylight (h)	Min daylight (h)	Max daylight (h)	Total energy (kWh)	Min local flux (kWh/m ²)	Max local flux (kWh/m ²)	Variability factor
Hpanel1	Hpanel1_mesh	512.9	4.3	0.0	8.5	192.6	0.0	0.8	763747.37
Wall4Hal	Wall4Hall_mesh	18.0	2.9	0.0	7.0	8.7	0.0	1.7	1656118.08
Wall3Hal	Wall3Hall_mesh	18.0	0.6	0.0	3.0	0.6	0.0	0.3	329967.57
Wall2Hal	Wall2Hall_mesh	42.7	2.4	0.0	7.5	28.3	0.0	2.1	2144641.12
Prism3	Prism3_mesh_roof	49.0	8.5	8.5	8.5	37.4	0.8	0.8	1.00
	Prism3_mesh_face1	112.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	Prism3_mesh_face2	112.0	4.3	4.3	4.3	45.2	0.4	0.4	1.00
	Prism3_mesh_face3	112.0	8.3	6.8	8.5	248.3	2.1	2.2	1.06
	Prism3_mesh_face4	112.0	3.4	1.3	4.3	35.4	0.1	0.4	4.47

24. Les facteurs de ciel

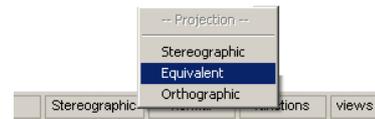
Jusqu'ici, nous avons utilisé la projection stéréographique pour mettre en relation les trajets solaires avec les obstructions de l'architecture (les *masques*), puis nous avons dû compléter cette information par une projection isochrone, qui nous a permis d'intégrer le flux solaire sur des intervalles de temps quelconques.

Nous allons maintenant changer complètement de problème, et nous intéresser au ciel, considéré comme une seconde source de lumière, diffuse et homogène.

Nous demandons d'abord : quelle est la portion du ciel visible depuis un point déterminé de la scène? En l'absence de tout obstacle, avec un horizon dégagé, la réponse serait : toute la voûte céleste, une demi-sphère de rayon indéterminé. Le *facteur de ciel* est le pourcentage de cette totalité que l'on peut voir depuis un point particulier d'une scène donnée.

Ce paramètre est particulièrement utile pour quantifier l'impact d'une nouvelle construction sur son environnement. Son usage est d'ailleurs recommandé par certaines réglementations (notamment en Angleterre).

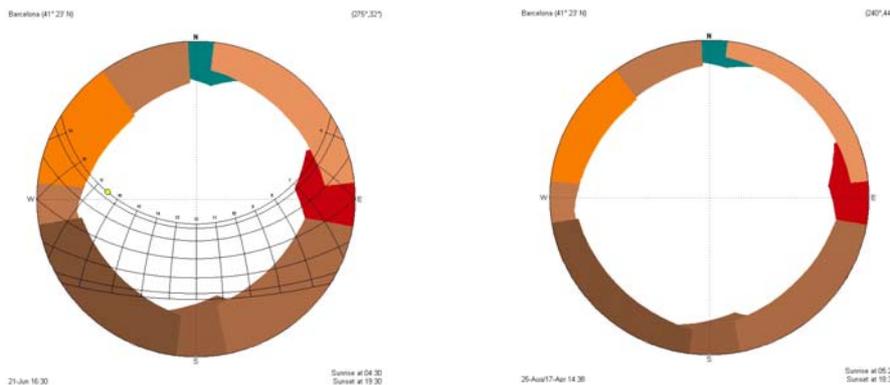
Dans *Heliodon2TM*, on passe du mode « soleil » au mode « ciel » en changeant l'indication « Stereographic » sur le bouton correspondant de la barre numérique. Dans ce chapitre, nous travaillerons en mode « Equivalent ».



Ce faisant, on remarque que la projection de l'espace 1D se modifie légèrement, et que les trajets solaires ont disparu.

a) La projection équivalente

Puisque la projection stéréographique nous montre, pour un point, les obstructions plaquées sur la totalité de la voûte céleste (le cercle extérieur du graphique représente, en effet, l'horizon), on pourrait croire qu'une simple comparaison entre la partie du graphique recouverte par les masques et la partie laissée libre nous donnerait directement le facteur de ciel. Cependant, cela ne marche pas, parce que la projection stéréographique n'est pas *équivalente*, c'est-à-dire qu'elle ne respecte pas les proportions de surfaces de la projection sphérique. Pour voir ces proportions, il faudra remplacer la projection stéréographique par une autre, qui soit équivalente. En changeant l'indication correspondante dans la barre numérique (passer de "stereographic" à "equivalent"), on obtient cette transformation.

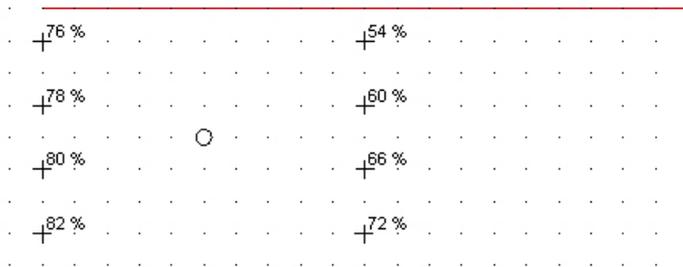


A gauche: la stéréographie est *conforme* (elle respecte localement les angles), elle transforme les cercles en cercles (ou en droites) et n'écrase pas trop les objets proches de l'horizon. Ces propriétés la rendent optimale pour dessiner les trajets solaires.

A droite: la projection équivalente écrase beaucoup plus les masques sur l'horizon, mais elle montre correctement la proportion que ceux-ci occupent dans le ciel. Si on divise le nombre de pixels blancs par le nombre total de pixels contenus dans le cercle extérieur, on obtient le facteur de ciel.

b) Facteurs de ciel

Pour obtenir directement le facteur de ciel au point occupé par le capteur, il suffit de presser la touche “v” sur le clavier (après être passé en mode “equivalent”). La touche “V” permet d’effacer, une par une, toutes les valeurs inscrites dans l’espace 2D.



La scène ici étudiée se compose d’une seule paroi verticale carrée, de 20 mètres de côté (en rouge). L’unité de la grille est d’un mètre. On vérifie, en s’approchant du centre de la paroi, que le facteur de ciel diminue rapidement, jusqu’à une valeur limite de 50%. En effet,

si nous nous appuyons sur le mur, celui-ci nous cache la moitié du ciel. En revanche, si nous nous approchons d’une extrémité de la paroi, celle-ci ne nous cache plus que le quart du ciel, et le facteur de ciel tend vers 75%.

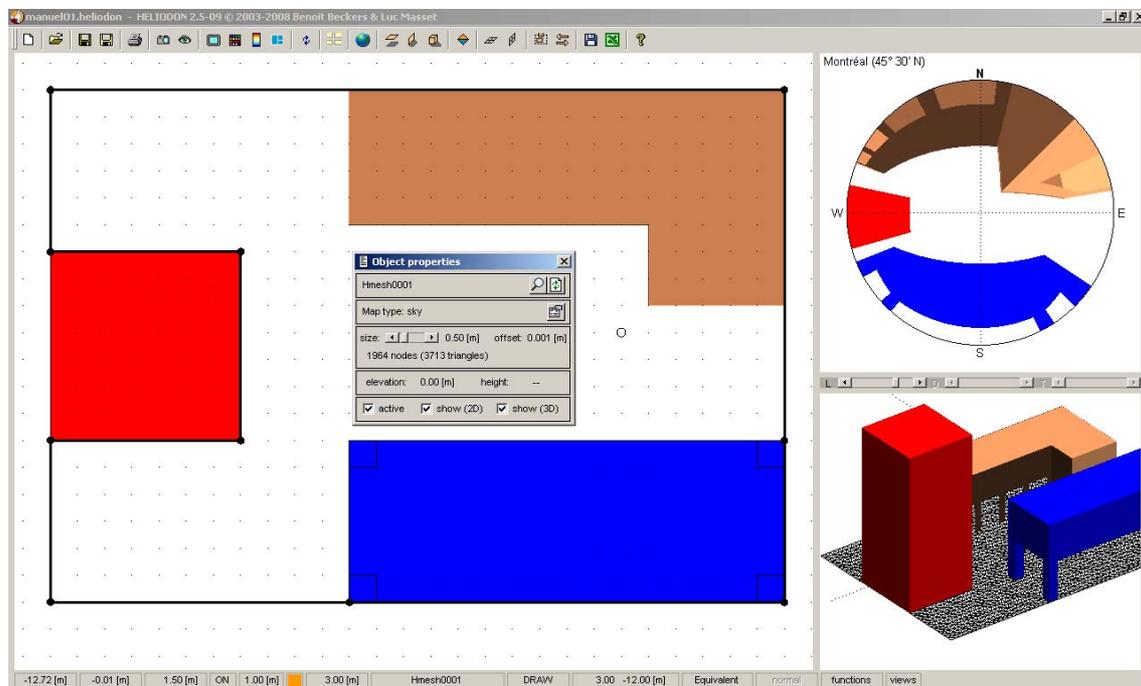
Dans la fenêtre 2D séparée (touche “2”), la même information apparaît, chapeauté par une cartouche qui donne les paramètres du calcul. Pour le facteur de ciel, ceux-ci se réduisent à l’élévation du capteur (ici: 0 mètres) et à la résolution de la représentation équivalente (ici: 100 x 100).

Sky factor | 0.00 m | 100x100 grid

c) Cartes de facteurs de ciel

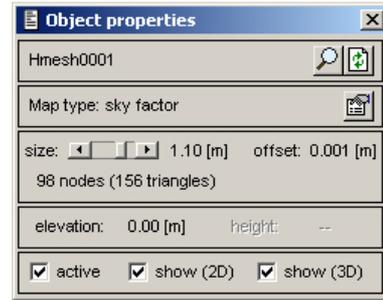


Pour dessiner une carte, il faut d’abord définir la grille (“mesh”) qui la soutiendra. Le logiciel nous donne deux possibilités – la grille horizontale et la grille verticale –, qui se dessinent comme vu précédemment. Elles apparaissent ensuite comme des objets, que l’on peut sélectionner, éditer ou modifier.



Ici, nous avons défini une grille qui exclut la tour rouge, puisqu’elle est entièrement fermée. Une fois sélectionnée la grille, en pressant sur elle le bouton droit de la souris (édition), on ouvre un nouveau menu, qui nous permet d’ajuster les paramètres de la grille et de la carte à produire.

- Nom de la grille; situer la grille dans l'espace 3D; lancer le calcul de la carte;
- "Map type: sky factor", suivi par une icône qui nous permet de modifier la résolution de la projection équivalente ;
- "size": détermine la précision de la grille; le facteur de ciel se calculera sur chacun de ses nœuds ("nodes"); "offset": marge de la carte;
- "elevation": élévation de la carte, par rapport au niveau du sol;
- "active", "show 2D" et "show 3D": comme pour les autres objets.

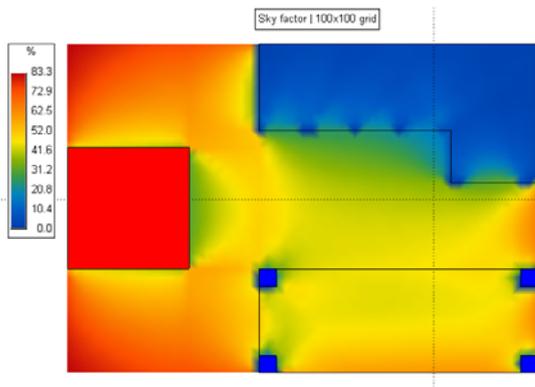


Une fois définis les paramètres, on lance le calcul (🔍),

Une fois le calcul terminé, on choisit une vue du haut (dans « view ») pour l'espace 3D, puis on presse "3" pour ouvrir la fenêtre séparée, chapeautée par deux icônes : l'une en forme d'imprimante (pour sauvegarder l'image) et l'autre, que nous avons déjà vue, et qui permet de fabriquer ou d'importer une échelle de couleurs (ce qu'on peut accélérer grâce à la fonction "F5"). Le menu d'aide ("?") est aussi accessible depuis le clavier.



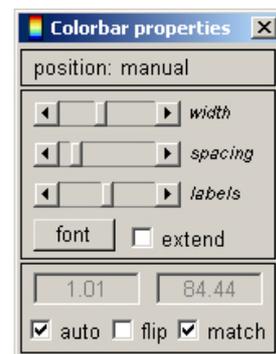
Après avoir caché, par une série de "double clic", les toits et autres objets qui cachent la carte, celle-ci nous apparaît, accompagnée de sa barre de couleur.



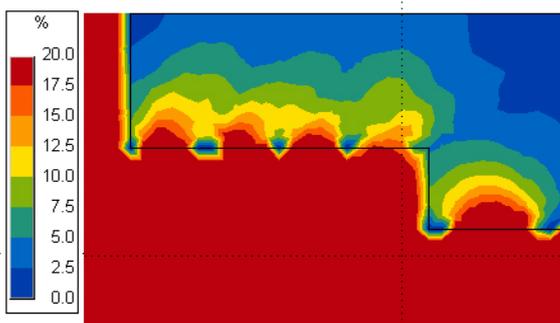
On y reconnaît :

- les trois édifices, dont la tour rouge, opaque, et les deux autres, dont nous avons caché le toit.
- Les facteurs de ciel extérieurs, toujours supérieurs à 20%, qui atteignent leurs plus hautes valeurs sur les bords de la carte, là où il y a moins d'édifices proches.
- Les facteurs de ciel à l'intérieur de l'édifice brun, qui, étant beaucoup plus faibles, se perdent dans les bleus.

La barre de couleur peut être déplacée (bouton gauche de la souris) et éditée (bouton droit sur elle). On édite alors un nouveau menu. En cliquant sur sa première ligne avec le bouton droit de la souris, nous recevons une liste de positions fixes où situer la barre de couleur. En dessous, nous pouvons choisir des options qui modifient l'apparence de la barre de couleur.



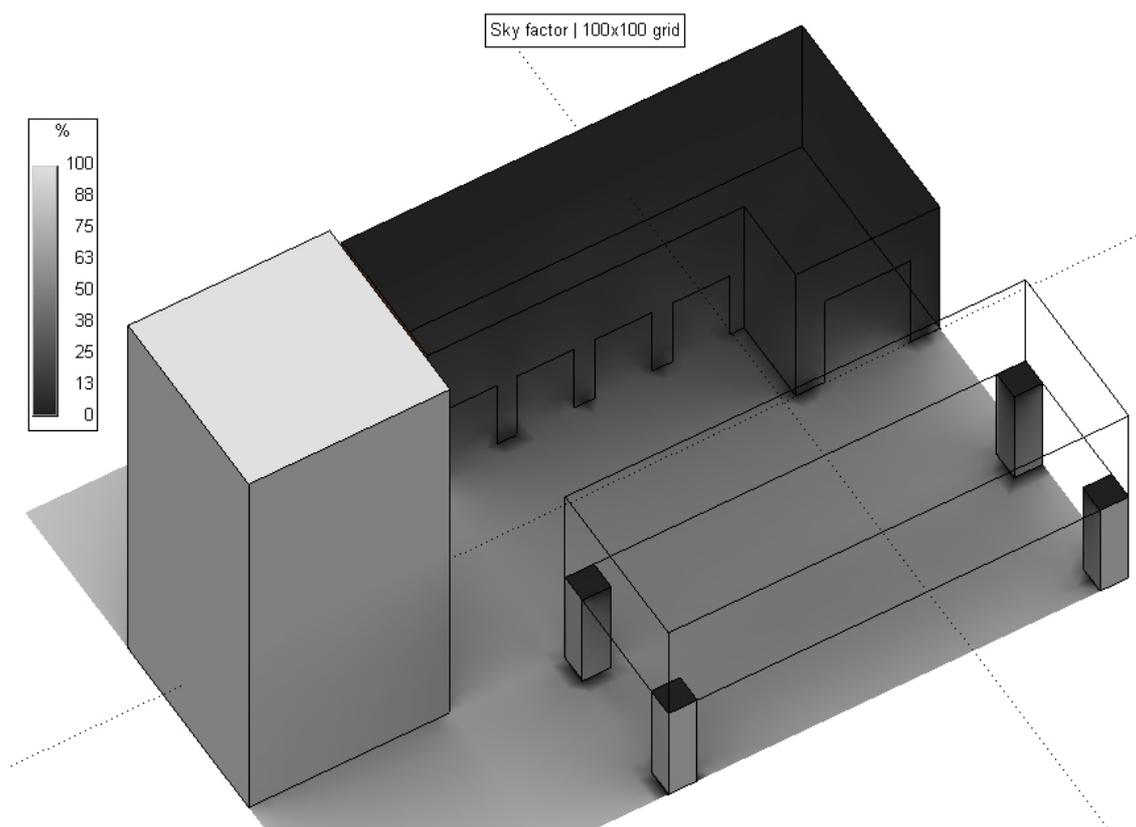
Tout en dessous, mention "auto" signifie que l'échelle des couleurs s'étire automatiquement entre les valeurs extrêmes données par le calcul. Si on désactive cette option, on peut modifier librement ces valeurs limites. Ceci nous servira ici pour préciser les résultats à l'intérieur de l'édifice brun.



Si on abaisse le maximum de la barre de couleurs à 20%, on vérifie l'effet des ouvertures latérales sur l'illumination intérieure.

L'option "flip" inverse la barre de couleurs.

L'option "match", une fois désactivée, établit une gradation continue dans la barre de couleurs et dans la carte. Ceci produit un effet très intéressant, qui se manifeste encore mieux si on utilise une échelle de gris (comme la barre "gray" disponible, à travers la fonction "F5", parmi les échelles prédéterminées Matlab[®]). En effet, les facteurs de ciel correspondent à l'illumination diffuse due au ciel. Un jour très nuageux, si on néglige la réflexion diffuse sur les édifices, on a ici une illumination très réaliste. Même les vues en plan transmettent quelque chose de l'information tridimensionnelle perdue : les cours hautes et étroites seront plus obscures que celles que bordent des édifices bas; l'ombre se fait plus obscure près des édifices imposants; les fenêtres latérales trahissent leur présence par les halos qui se créent dans leur voisinage...



d) Facteurs de vue

En réalité, quand le ciel éclaire une surface, l'éclairement dépend aussi de l'angle d'incidence (comme pour le rayonnement direct) : une portion de ciel qui se situe bien en face de la surface contribuera bien plus qu'une même portion de ciel tangente à la surface. Le facteur de ciel pondéré par l'incidence s'appelle *facteur de vue*. Dans *Heliodon2TM*, on y accède en passant en mode « orthographique ». Pour des valeurs ponctuelles ou des grilles de coupe, l'orthographique est située comme sur un plan horizontal (même si la grille est verticale !). En revanche, si on maille des objets réels, on obtient directement les facteurs de vue appropriés ; ce sont eux qui, réellement, correspondent à l'illumination de ces objets un jour nuageux.

Ils constituent donc une donnée très intéressante pour raisonner sur l'illumination. Prenons un exemple. Sous le climat méditerranéen, le ciel d'un jour ensoleillé peut apporter des niveaux d'illuminance d'environ 50 000 luxs. Supposons une fenêtre orientée au nord, par laquelle le soleil n'entre jamais, qui produit, sur la surface d'une table, un facteur de ciel de seulement 1%. Ceci signifie que cette surface reçoit la centième partie de l'illuminance extérieure, donc environ 500 luxs, un niveau parfaitement suffisant pour lire et travailler sans qu'il soit nécessaire d'allumer la lumière artificielle.

25. Géométries complexes

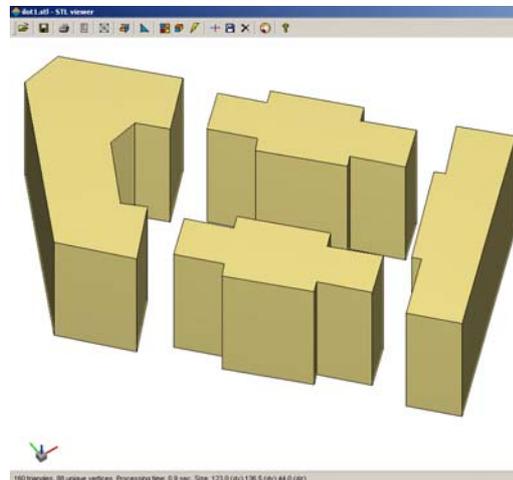


Dans l'état actuel du logiciel, on ne peut construire qu'avec des surfaces horizontales et verticales. Les scènes complexes et les plans inclinés doivent donc être importés sous format « stl ». Nous allons montrer dans ce chapitre des fonctions qui permettent de contrôler et de travailler les scènes importées.

Seuls les plans qui ont été sélectionnés comme tels dans la fenêtre « STL viewer » peuvent ensuite être maillés dans la fenêtre principale.

Il est important de découper les objets trop complexes en objets plus simples. Sinon, il devient difficile de repérer les plans à mailler. De plus, un objet stl sera d'une seule couleur dans la fenêtre principale, et, s'il est trop complexe, il deviendra difficile d'interpréter la projection de la fenêtre 1D.

Soit la scène suivante, composée de quatre bâtiments, importée comme objet stl.



Ajouter de nouveaux objets, en les incorporant à cette fenêtre.



Sauvegarder la scène présente sous format stl.



Capture d'écran.



Propriétés de la scène. Ouvre une nouvelle fenêtre. Celle-ci permet de visualiser, entre autres choses, l'ensemble des domaines. Un *domaine* est un sous-ensemble de la scène, identifié automatiquement par le logiciel. Ainsi, dans la scène présentée, quatre domaines sont identifiés, qui correspondent aux quatre bâtiments séparés.

La touche « p » permet d'exporter séparément tous les domaines identifiés, dans un nouveau répertoire créé automatiquement et qui porte le nom de la scène. Ceci est très pratique, car les différents objets pourront être ainsi importés, maillés, coloriés et traités de manière indépendante par le logiciel.



Centrer la fenêtre sur la scène.



Observer la scène en coupe. Un curseur apparaît à droite, qui permet de hausser ou baisser le plan de coupe. Cette fonction ne sert qu'à des effets de visualisation (par exemple, pour contrôler la constitution d'un objet complexe).



Dessiner un nouveau triangle, par une série de doubles clics. Cette opération permet de compléter ou de corriger une scène (triangle manquant, mauvaise triangulation d'une surface).



Sélectionner des domaines. Cette fonction permet de repérer un par un les différents domaines de la scène.

En fait, on a deux modes de sélection : par domaines ou par plans (voir point suivant). Une fois qu'on se met dans un des deux modes, un double-clic gauche sélectionne un domaine/plan, un nouveau double-clic gauche le dé-sélectionne. Un double-clic droit permet de ne sélectionner que certains parmi les domaines/plans déjà sélectionnés (les arêtes se mettent en gras). Si on efface ou qu'on change de sens la normale, ça se fait sur la sélection en gras s'il y en a une, sur tout ce qui est sélectionné sinon.

 Sélectionner des plans. C'est l'opération la plus importante, car tous les plans ici sélectionnés pourront être maillés dans la fenêtre principale du logiciel. Pour (dé)sélectionner un plan, il suffit de double cliquer sur un triangle de la scène. Le logiciel identifie automatiquement tous les triangles adjacents qui lui sont coplanaires.

 Sélectionner des ensembles. Une nouvelle fenêtre s'ouvre, qui permet de sélectionner des domaines ou des plans en fonction de la surface (min et/ou max) et de la normale (plans horizontaux orientés vers le bas, ou uniquement plans verticaux, etc...). La valeur de l'angle d'élévation est prise à 0° pour un plan vertical, -90° pour un plan horizontal regardant vers le sol et 90° pour un plan horizontal regardant vers le ciel. Le bouton "search" permet de rechercher les domaines/plans en fonction des critères choisis. Le bouton "select" sélectionne les objets retenus et sort de la fenêtre. Le bouton "keep" permet de ne garder que la sélection, le bouton "delete" d'effacer la sélection.

 Modifier le sens de la normale. Celui-ci déterminera ensuite de quel côté le plan sera maillé. Il est donc important de vérifier que toutes les normales de la scène vont dans le bon sens. La touche « n » permet de visualiser toutes les normales. On utilise le bouton "flip" pour changer la normale de sens; si on n'a rien sélectionné, on change pour tout le modèle; sinon sur la face sélectionnée ou sur le/les domaines sélectionnés ou le/les plans sélectionnés. Lorsqu'on affiche les domaines, un clic sur un domaine permet de le sélectionner (même si on ne voit rien) puis de l'effacer ou de changer les normales pour les faces du domaine.

 Exporter les objets sélectionnés comme nouveau stl.

 Supprimer l'élément sélectionné (équivalent à la touche « del » du clavier).

 Retourner dans la fenêtre principale, en y important la scène. Tous les plans sélectionnés à ce moment-là pourront être maillés (il suffit d'éditer l'objet stl).

 Menu d'aide (touches du clavier utiles).

26. La perspective

Dans la fenêtre principale, la touche « 8 » ouvre une nouvelle fenêtre où la scène est représentée en perspective centrale (à ne pas confondre avec la perspective parallèle de l'espace 3D). Cette option est utile pour visualiser les intérieurs. La touche « ? » montre la liste de toutes les opérations possibles pour modifier cette perspective ou s'y déplacer.