

Pondération : 20% (rapport électronique selon les équipes existantes).

Responsable : Benoit Beckers (UTC)

Matériel : Outil Heliodon2™, transparents de cours, documents pertinents disponibles sur Internet (Ville de Montréal, etc.), Googlemap Distance Calculator ou Google Planimeter ou Googlemap Street View ou Google Earth.

Objectif : **Densification urbaine et optimisation du rayonnement solaire dans le contexte montréalais.**

1. Introduction

Dans les villes anciennes, le rayonnement solaire était toujours mis pleinement à profit, en fonction du climat, des techniques de construction et des usages. Par l'orientation générale des routes et des bâtiments, la proportion entre la largeur des rues et la hauteur des constructions, la répartition des activités dans l'espace urbain (terrasses, marchés, lieux de réunion ou de promenade,...), voire la couleur des revêtements, l'urbanisme faisait en sorte que les apports thermiques soient généreux en hiver et limités en été, que la lumière naturelle parvienne dans les intérieurs, que les surchauffes soient évitées,... Les techniques et les matériaux disponibles obligeaient cependant à des compromis : des espaces frais en été, mais trop sombres, des édifices bien éclairés, mais mal isolés, de belles perspectives urbaines, mais où s'engouffrent les vents...

Au XIX^{ème} siècle, avec l'industrialisation puis le recours généralisé aux énergies fossiles, l'optimisation énergétique des formes urbaines a pu sembler moins nécessaire et, au siècle suivant, avec le développement de l'automobile, l'habitant et le piéton ont souvent été sacrifiés aux impératifs d'une circulation toujours plus envahissante, laquelle a permis aussi un extraordinaire étalement urbain.

La ville de demain, autonome, sobre, durable, post-carbone, hospitalière, impose des choix urbains différents, où densité et qualité de vie sont réconciliées, où tous les gisements de matière et d'énergie sont exploités de forme optimale. C'est un retour aux directrices anciennes, mais avec les outils et les moyens d'aujourd'hui : solaire actif, isolation par l'extérieur,... A l'échelle urbaine, il devient nécessaire de quantifier les projets, et, pour ce faire, de simuler la physique urbaine sur des modèles géométriques 3D.

2. Enoncé

2.1. Modélisation géométrique

Choisir un ensemble bâti montréalais (par exemple, sur *Google map*), situé entre quatre rues formant un espace rectangulaire pas trop grand et représentatif, comprenant un peu d'espace non bâti (ruelles, jardins, place,...).

Introduire le plan dans Heliodon, le mettre à échelle et construire dessus le bâti existant (en considérant des prismes à toit plat, avec une hauteur de 4m pour le rez-de-chaussée et de 3 mètres pour les étages supérieurs).



Dessiner les fenêtres, de forme simplifiée mais en respectant approximativement le taux réel de fenêtrage, comme des rectangles situés 1 centimètre en dehors des bâtiments.

Tout ceci peut se réaliser dans un logiciel de CAO (autocad, sketchup,...) ou directement dans Heliodon, au choix.

Dessiner également la frontière du modèle, c'ad les édifices extérieurs à la zone choisie susceptibles d'y porter des ombres (modélisation très schématique, éventuellement avec de simples panneaux verticaux).

2.2. Caractérisation solaire de l'existant

Repérer la surface au sol choisie. Comparer son ensoleillement avec et sans le bâti (« empreinte solaire », à exprimer comme un pourcentage) aux deux solstices.

Qu'est-ce qui atteint les façades / les fenêtres / les toits en hiver et en été ? Quel est le facteur de vue du ciel depuis les différentes fenêtres ?

Réaliser une description très synthétique de l'existant (sur une page).

2.3. Proposition de densification

On souhaite densifier la zone choisie, en doublant le volume utilisable (soit en doublant la hauteur de chacun des bâtiments, soit en maintenant - voire en rasant - certains édifices, et en compensant ce choix par des bâtiments beaucoup plus hauts). Faire une proposition raisonnable, qui maintienne au mieux les caractéristiques d'ensoleillement (droit au ciel, empreinte au sol, apports solaires en hiver,...).

La proposition sera comparée à la situation existante ; essayez de travailler d'abord sur les paramètres les plus simples, de manière à pouvoir tester le plus possible vos choix avant d'obtenir la proposition définitive.

Réaliser une description très synthétique de la proposition (sur une page).

2.4. Comparaison

Décrire, par comparaison avec la situation de départ, l'impact de votre proposition en utilisant différents indicateurs que vous hiérarchiserez selon vos objectifs de projet (efficacité thermique, éclairage naturel, confort urbain,...). Commenter (sur une page).

2.5 Potentiel photovoltaïque

Choisissez l'emplacement optimal pour des panneaux PV, en évitant au maximum les ombrages, et en préférant les meilleures orientations. Pour ces panneaux, réaliser un calcul le plus précis possible (voir annexe) du rayonnement récupéré sur l'année et/ou par saison selon l'usage que vous prévoyez. Question bonus : traduisez l'énergie de rayonnement en énergie électrique ; selon l'usage proposé, combien de foyers pourront-ils bénéficier de cette installation ? Quelle partie de leurs besoins annuels ou saisonniers sera-t-elle couverte ? Commenter (sur une page).

2.6 Rapport final

Un rapport par groupe, synthétisé sur 4 pages, avec autant d'annexes que nécessaire. Le but est de produire une proposition bien argumentée et très synthétique, en reléguant dans les annexes la description des méthodes utilisées, des choix opérés et des références consultées.

3. Références

La plupart des références utiles se trouvent sur www.heliodon.net. En particulier, vous pourrez télécharger le logiciel Heliodon2 et son manuel (en page 2 duquel se trouvent les instructions pour son installation), des documents et des références ainsi que des liens vers les meilleurs sites traitant de la lumière naturelle.

ANNEXE : Calcul de la radiation solaire sur Montréal

Auteur : Luis Merino, doctorant (Laboratoire Avenues-GSU, UTC).

1. Localisation de Montréal

Pays: Canada

Province: Québec

Région: Montréal

Coordonnées : 45°31'00 Nord (45,52) ; 73°39'00" Ouest (-73.65)

Altitude : 48 m

2. Bases de données utilisées

Base de données gratuite : NASA Surface meteorology and Solar Energy

Site Web : <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

Chapitre du site Web : Data tables for a particular location

Logiciel : METEONORM

3. Données de sortie du site Web et logiciel

3.1 Radiation solaire horizontale pour un jour en moyenne (kWh/m²/day)

3.1.2 Moyenne d'une série temporelle de 22 ans de longueur

NASA Surface meteorology and Solar Energy													
mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Radiation globale solaire	1.58	2.52	3.62	4.46	5.09	5.61	5.52	4.91	3.77	2.38	1.45	1.28	3.52
Radiation diffuse solaire	0.90	1.25	1.75	1.88	2.48	2.61	2.52	2.23	1.76	1.18	0.85	0.76	1.68
Radiation directe solaire	0.68	1.27	1.87	2.58	2.61	3.00	3.00	2.68	2.01	1.20	0.60	0.52	1.84

3.1.2 Sortie du logiciel Meteonorm

METEONORM													
mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Radiation globale solaire	1.55	2.61	3.87	4.60	5.68	6.20	6.03	4.87	4.03	2.55	1.23	1.16	3.70
Radiation diffuse solaire	0.58	0.89	1.48	2.30	2.58	2.77	2.71	2.32	1.87	1.19	0.87	0.71	1.70
Radiation directe solaire	0.97	1.71	2.39	2.30	3.10	3.43	3.32	2.55	2.17	1.35	0.37	0.45	2.01

3.1.2 Moyenne de données de NASA et METEONORM

Moyenne													
mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Radiation solaire globale	1.57	2.57	3.75	4.53	5.39	5.91	5.78	4.89	3.90	2.47	1.34	1.22	3.61
Radiation solaire diffuse	0.74	1.07	1.62	2.09	2.53	2.69	2.62	2.28	1.82	1.19	0.86	0.74	1.69
Radiation solaire directe	0.83	1.49	2.13	2.44	2.86	3.22	3.16	2.62	2.09	1.28	0.49	0.49	1.93

4. La méthode de calcul

4.1 Radiation solaire horizontale théorique pour un jour en moyenne (kWh/m²/day)

HELIODON													
mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Radiation solaire globale	1.58	2.62	4.20	6.06	7.52	8.16	7.87	6.69	4.93	3.11	1.82	1.32	4.66
Radiation solaire diffuse	0.57	0.71	0.87	1.02	1.14	1.20	1.17	1.07	0.93	0.77	0.61	0.52	0.88
Radiation solaire directe	1.01	1.92	3.33	5.04	6.37	6.96	6.70	5.62	4.00	2.35	1.22	0.80	3.78

4.2 Calcul du facteur de correction de la radiation solaire directe calculé par Heliodon

$$\text{Facteur de correction} = \frac{\text{Radiation solaire calculé à partir de valeurs mesuré}}{\text{Radiation solaire calculé par Heliodon}}$$

Facteur de correction Heliodon (pourcentage %)													
mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Radiation solaire globale	99	98	89	75	72	72	73	73	79	79	74	92	77
Radiation solaire diffuse	130	151	186	205	222	224	224	213	195	154	141	141	192
Radiation solaire directe	82	78	64	48	45	46	47	47	52	54	40	61	51

5. Observation

Les facteurs de correction pour le rayonnement diffus sont supérieurs à l'unité parce que les valeurs théoriques calculées à partir de l'équation empirique (Liu & Jordan) ne sont en principe valides que par temps clair. Dans des conditions météorologiques normales, le rayonnement diffusé est dû à la fois au ciel et aux nuages. Il en résulte que les valeurs obtenues à partir des mesures (ciel nuageux) dépassent les valeurs théoriques (ciel clair).