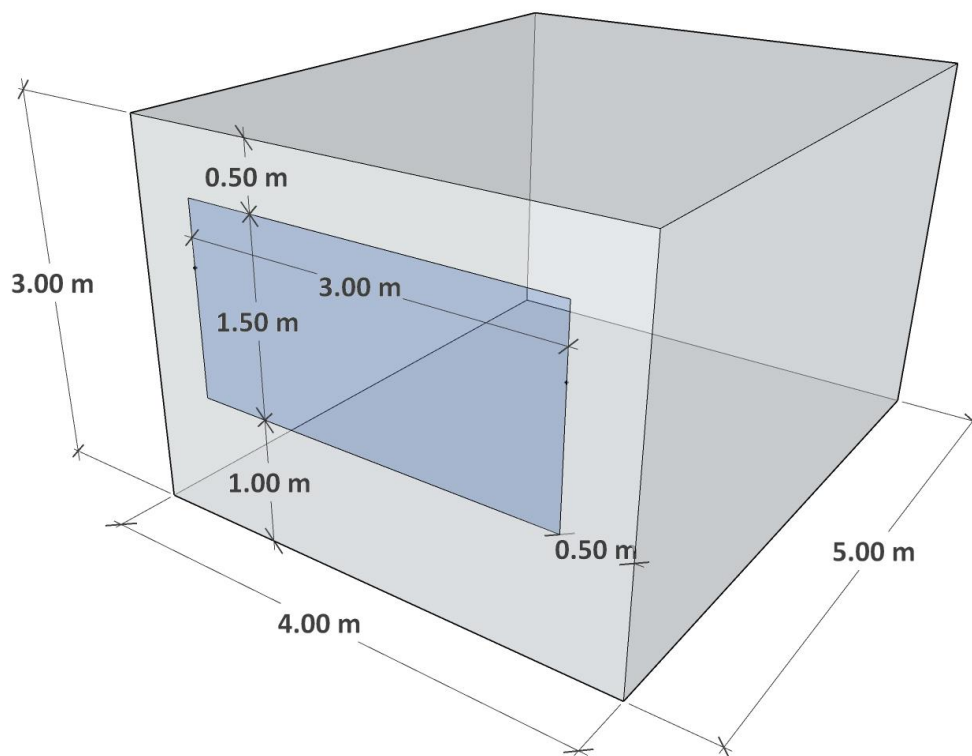




Rapport à remettre par Moodle au plus tard le mercredi 2 avril à 18:00
Pondération : voir plan de cours (tous les devoirs ont le même poids)
Ce devoir doit être réalisé individuellement

Révision : 2025-03-17

On considère un bureau représenté ci-dessous. Seul le mur avant (avec la fenêtre) est en contact avec l'extérieur; il fait face au sud. On suppose des conditions aux limites identiques pour toutes les autres parois. Le système CVCA est idéalisé, le modèle de bâtiment (Type 56) calcule la puissance nécessaire pour ventiler, chauffer et refroidir le bureau et on applique simplement un coefficient de performance (COP) constant de 1 pour le chauffage et de 2.5 pour la climatisation. Ce traitement de données est réaalisé dans le bloc d'équation « Power » de la simulation, qui convertit également les unités en kW pour les puissances. La simulation utilise le fichier de données climatiques CWEC20 pour l'aéroport de Montréal (fichier CAN-QC - Montreal YUL 716270 - CWEC20.epw).



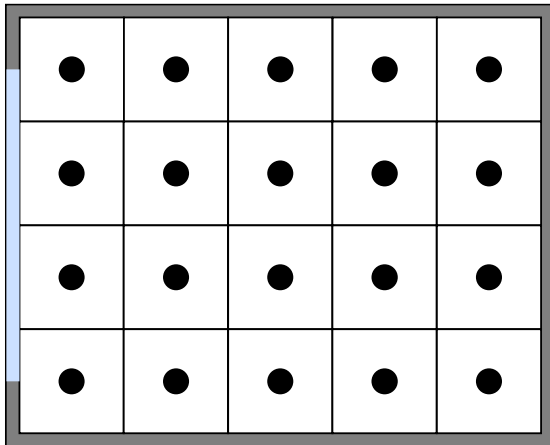
Modèle de départ utilisant les *Daylight Coefficients*

Fichiers de départ fourni sur Moodle : Devoir-5.zip

(**Attention** : les fichiers Daysim/Radiance ne seront pas accessibles s'il y a des espaces dans le chemin ou dans le nom du fichier. Veillez à décompresser le .zip dans un répertoire dont le chemin complet n'a pas d'espaces)

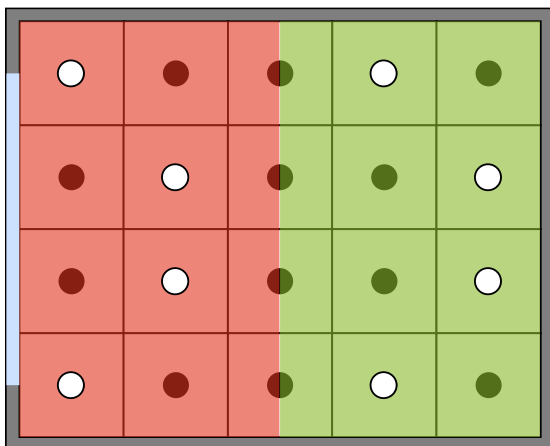
Le modèle détaillé d'éclairage naturel nécessite de définir des capteurs d'illumination dans la pièce. On a défini une grille uniforme avec 20 capteurs situés à une hauteur de 1 m et distribués selon la figure ci-dessous. Chaque capteur est au centre d'un carré de 1 m de côté. Les capteurs sont numérotés selon une

notation matricielle, où xy désigne la rangée x et la colonne y . L'origine est le coin en haut à gauche de la figure, qui correspond au coin sud-ouest du bureau s'il est orienté vers le sud.



11	12	13	14	15
21	22	23	24	25
31	32	33	34	35
41	42	43	44	45

On définit deux zones d'éclairage, la zone avant (*Front*) et la zone arrière (*Back*). Ces zones correspondent à des modulateurs de la puissance d'éclairage (*dimmers*) qui utilisent le signal des capteurs d'éclairage pour ajuster la puissance des luminaires. La zone *Front* est représentée en rouge ci-dessous, et la zone *Back* est représentée en vert. Chaque *dimmer* adapte sa puissance en fonction de la moyenne de l'illumination mesurée par 4 capteurs de mesure, qui sont identifiés sur la figure. La zone *Front* est donc régulée à partir de la moyenne des capteurs 11, 33, 32 et 41, et la zone *Back* est régulée à partir de la moyenne des mesures des capteurs 14, 25, 35 et 44.



11	12	13	14	15
21	22	23	24	25
31	32	33	34	35
41	42	43	44	45

On suppose qu'à pleine puissance l'éclairage artificiel fournit une illumination de 500 lux pour tous les capteurs, et qu'on peut ajuster cette puissance de manière continue jusqu'à 0 (donc par exemple, si l'éclairage naturel moyen dans une des zones est de 200 lux, la puissance des luminaires de cette zone pourra être ajustée pour fournir 300 lux, et on suppose que cette puissance correspondra à 3/5 de la puissance nominale).

Note : les variables de sortie de la simulation sont décrites à l'annexe 1

1. Impact de l'ombrage intérieur sur l'éclairage naturel

L'ombrage intérieur est modélisé par des stores qui modifient la transmittance visible des fenêtres. La réduction est de 70 % quand les stores sont complètement abaissés, ce qui est indiqué par le paramètre *ISHADE* qui vaut 0.7. La transmittance des vitrages choisis (windows ID 6509) vaut 52 %, elle est donc réduite à 16 % lorsque les stores sont baissés.

On suppose que les stores sont abaissés si l'ensoleillement incident sur la fenêtre dépasse 300 W/m^2 et qu'ils sont relevés si l'ensoleillement incident redescend sous 240 W/m^2 . Ceci modélise de façon simple une action qui peut être prise par les occupants pour diminuer l'éblouissement et pour se protéger de la chaleur. Pour désactiver l'ombrage, vous pouvez mettre la variable « *activateShading* » à 0 dans le bloc d'équations « *Parameters* ».

Calculez le DA_{300} et le $UDI_{100 \rightarrow 3000}$ pour les 2 zones (avant et arrière) du bureau, avec et sans ombrage, et commentez leur valeur. Quel est l'effet de la prise en compte des stores sur l'éclairage naturel intérieur et sur la consommation d'électricité pour l'éclairage? Comment expliquer cet effet (utilisez des profils horaires lors de journées ensoleillées pour informer votre discussion)? Notez que pour calculer les indices DA_{300} et $UDI_{100 \rightarrow 3000}$, vous devez compter le pourcentage du temps quand le bâtiment est occupé, donc vous devez exclure du calcul toutes les heures pendant lesquelles la fraction d'occupation est nulle. Cette fraction est donnée par la variable *fOccupancy* du fichier de sortie.

2. Modélisation simplifiée de l'éclairage naturel, et comportement sans éclairage naturel

On vous demande de comparer 3 modèles différents (en laissant l'ombrage activé) :

- Configuration initiale avec la modélisation détaillée des coefficients de lumière diurne (*daylight coefficients, DC*)
- Modèle simplifié avec les facteurs de lumière du jour (*daylight factors, DF*).
- Modèle sans prise en compte de l'éclairage naturel.

Pour mettre en œuvre la méthode des facteurs de lumière du jour (*daylight factor, DF*), vous devez changer la configuration du Type 56 (voir annexe 2). Pour calculer le *DF*, vous appliquerez la méthode de Lynes (1979) avec la modification de Crisp & Littlefair (1984), telle que donnée dans les notes de cours. Les paramètres nécessaires sont dans la description du modèle de bâtiment (Type 56). En particulier, les réflectances des parois opaques correspondent à $(1 - \text{absorptance solaire})$. Par exemple, pour le sol et le plafond, la paroi est définie comme un « *ceiling* », donc son côté « *front* » est le plafond, qui a une absorptance solaire de 0.25. Le plafond a donc une réflectance de $0.75 = 1 - 0.25$. La transmittance du vitrage est donnée ci-dessus, et vous devrez calculer le *DF* dans 2 conditions, avec et sans ombrage. La réflectance du vitrage du côté intérieur est de 0.36 (sans ombrage) et 0.75 (avec ombrage). On suppose qu'il n'y a pas d'obstacle devant le bâtiment (l'angle de vue du ciel, θ , vaut 90°).

Pour obtenir une simulation ne prenant pas en compte l'éclairage naturel, vous pouvez simplement partir du modèle *DF* et changer le « *lighting control type* » pour le configurer en « *always on* » (voir annexe 2).

Comparez la consommation d'électricité pour l'éclairage, mais aussi les différentes consommations (chauffage, climatisation, etc.). Quantifiez les effets croisés lorsqu'on part d'une situation sans éclairage naturel vers une situation avec prise en compte de l'éclairage naturel et une modulation de l'éclairage artificiel (entre le modèle « sans éclairage naturel » et le modèle de départ avec les *DC*).

3. Rapport et fichiers à remettre

Remettez un rapport de 6 pages maximum (c'est un maximum, pas une cible à atteindre!) qui décrit vos résultats et vos analyses pour les parties 1 et 2 (voir consignes dans la description de chaque partie).

- Partie 1 : 3 pages maximum (10 points)
- Partie 2 : 3 pages maximum (10 points)

Remettez également le projet TRNSYS (.tpf) et le fichier de bâtiment (.b18) correspondant au calcul avec les facteurs de lumière du jour (*DF*, partie 2).

Annexe 1 : Variables de sortie de la simulation

Fichier « *****.csv** » (où ******* est le nom du projet, par exemple SingleOffice-DC)

Attention, les variables de puissance sont converties dans le bloc d'équations « Power » et ne sont donc pas en kJ/h.

Variable	Unités	Description
TIME	h	Temps de la simulation
Tdbamb	°C	Température (sèche) ambiante
rhAmb	%	Humidité relative ambiante
G	kW/m ²	Irradiance solaire horizontale (totale)
Gbn	kW/m ²	Irradiance solaire directe normale
Gd	kW/m ²	Irradiance solaire diffuse
vWind	m/s	Vitesse du vent
dWind	°EofN	Direction du vent (degrés vers l'est à partir du nord)
Ee	Lx	Éclairage extérieur horizontal (total)
Eed	Lx	Éclairage extérieur horizontal diffus
Eebn	Lx	Éclairage extérieur direct normal
Gbt	kW/m ²	Irradiance solaire directe incidente sur la fenêtre extérieure
Gdt	kW/m ²	Irradiance solaire diffuse incidente sur la fenêtre extérieure
Gt	kW/m ²	Irradiance solaire totale incidente sur la fenêtre extérieure
achInf	1/h	Taux d'infiltration (changements d'air par heure)
TdbOffice	°C	Température (sèche) dans le bureau
rhOffice	%	Humidité relative dans le bureau
EFront	lx	Éclairage horizontal dans le bureau, zone avant
EBack	lx	Éclairage horizontal dans le bureau, zone arrière
fDimFront	-	Fraction du variateur de l'éclairage, zone avant
fDimBack	-	Fraction du variateur de l'éclairage, zone arrière
dIShade	-	Fraction d'ombrage intérieur (1 = stores baissés)
QHeatZones	kW	Puissance thermique de chauffage pour les zones du bâtiment (ici le bureau seulement)
QCoolZones	kW	Puissance thermique de climatisation pour les zones du bât. (ici le bureau seulement)
QHeatAhu	kW	Puissance thermique de chauffage pour le traitement de l'air
QCoolAhu	kW	Puissance thermique de climatisation pour le traitement de l'air
QHeat	kW	Puissance thermique de chauffage (total, zones et trait. de l'air)
QCool	kW	Puissance thermique de climatisation (total, zones et trait. air)
PelHeat	kW	Puissance électrique de chauffage (total)
PelCool	kW	Puissance électrique de climatisation (total)
PelFan	kW	Puissance électrique des ventilateurs
PelEquip	kW	Puissance électrique de l'équipement
PelLight	kW	Puissance électrique de l'éclairage
PelTot	kW	Puissance électrique totale
fLightPowerFront	-	Fraction de la puissance d'éclairage installée utilisée, zone avant
fLightPowerBack	-	Frac. de la puissance d'éclairage installée utilisée, zone arrière
fOccupancy	-	Fraction des occupants présents dans le bâtiment (0 à 1)

Fichier « *****-Summary.txt** » (où ******* est le nom du projet, par exemple **SingleOffice-DC**)

Ce fichier donne des statistiques mensuelles et annuelles. Attention, les variables de puissance sont converties dans le bloc d'équations « Power » et sont en kW et pas en kJ/h. Les intégrales mensuelles et annuelles sont donc en kWh et pas en kJ.

Dans le tableau ci-dessous on décrit les quantités intégrées (énergie), les valeurs maximales et minimales sont des puissances (en kW).

Variable	Unités	Description
QHeatZones	kWh	Énergie thermique de chauffage pour les zones du bâtiment (ici le bureau seulement)
QCoolZones	kWh	Énergie thermique de climatisation pour les zones du bât. (ici le bureau seulement)
QHeatAhu	kWh	Énergie thermique de chauffage pour le traitement de l'air
QCoolAhu	kWh	Énergie thermique de climatisation pour le traitement de l'air
QHeat	kWh	Énergie thermique de chauffage (total, zones et trait. de l'air)
QCool	kWh	Énergie thermique de climatisation (total, zones et trait. air)
PelHeat	kWh	Énergie électrique de chauffage (total)
PelCool	kWh	Énergie électrique de climatisation (total)
PelFan	kWh	Énergie électrique des ventilateurs
PelEquip	kWh	Énergie électrique de l'équipement
PelLight	kWh	Énergie électrique de l'éclairage
PelTot	kWh	Énergie électrique totale

Fichier « *****-Monthly.txt** »

Ce fichier donne des valeurs mensuelles utiles pour calculer les coûts énergétiques.

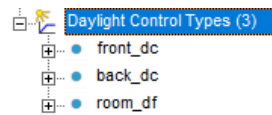
Variable	Unités	Description
nDays	-	Nombre de jours dans le mois
Elec_Energy	kWh	Énergie électrique mensuelle (total)
Elec_Pmax	kW	Puissance électrique maximale mensuelle (total)

Annexe 2 : consignes pour modifier le modèle

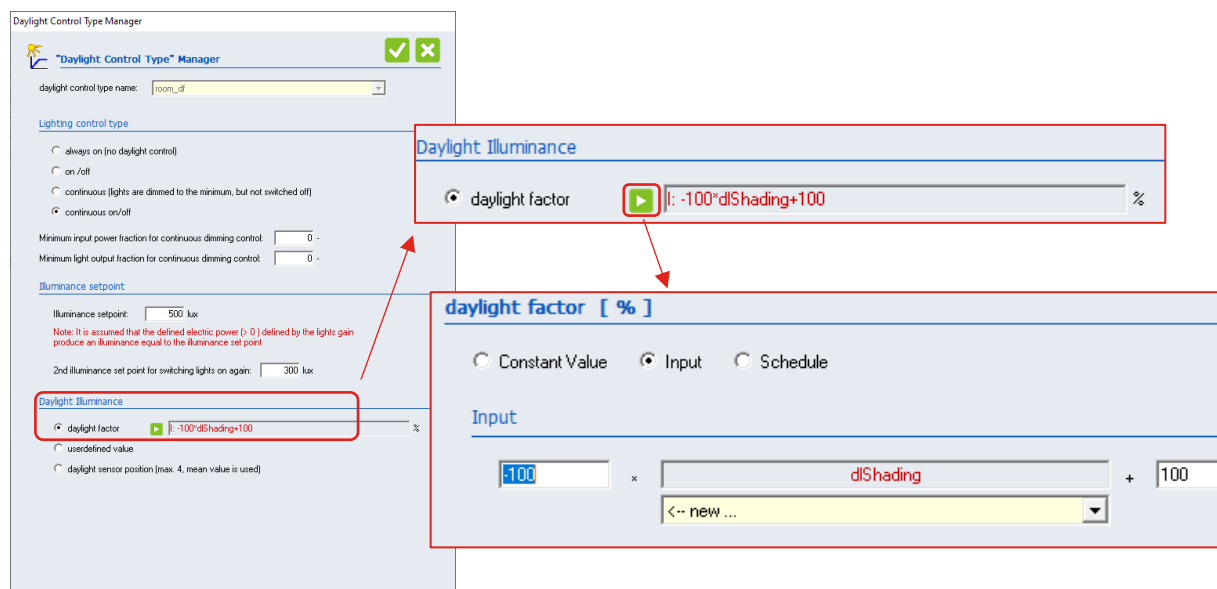
1. Utilisation du *daylight factor* (*DF*) au lieu des *daylight coefficients* (*DC*)

- Enregistrez le projet TRNSYS (.tpf) sous un autre nom, par exemple SingleOffice-DF.tpf.
- Ouvrez le modèle du bâtiment (SingleOffice-DC.b18), soit directement depuis TRNBuild, soit depuis le projet (cliquer à droite sur le bâtiment et choisir « Edit building »).
- Enregistrez le modèle de bâtiment sous un autre nom, par exemple SingleOffice-DF.b18.
- Modifiez l'équation pour le *daylight factor* :

Le modèle définit 3 « *Daylight control types* », montrés ci-dessous.



Les 2 premiers, front_dc et back_dc, sont utilisés dans le modèle. Le 3^e, room_df, n'est pas utilisé dans la version de départ. Il est configuré pour utiliser la méthode des *DF*. En double-cliquant dessus, vous pourrez voir la configuration. En particulier, sous « *Daylight illuminance* » la méthode des *daylight factors* est utilisée, et en cliquant sur la flèche dans le carré vert, vous aurez accès à l'équation qui définit le facteur utilisé. Cette équation est $-100 * dI\text{Shading} + 100$, où dIShading est une entrée qui indique si l'ombrage intérieur est activé ou non. Avec cette équation, le *DF* vaut 100 % sans ombrage, et 0 % quand l'ombrage intérieur est activé – ces valeurs ne sont évidemment pas réalistes, vous devrez remplacer « -100 » et « 100 » pour obtenir les valeurs de *DF* que vous calculerez avec et sans ombrage. Par exemple, pour avoir un *DF* de 50 % sans ombrage et de 10 % avec ombrage, l'équation devrait indiquer $-40 * dI\text{Shading} + 50$.



- Modifiez la description de la zone pour utiliser le *daylight control type* `room_df` avec les 2 gains qui sont définis pour l'éclairage (vous devrez faire l'opération séparément pour les 2, qui représentent la partie avant et la partie arrière de la zone). Il faut pour cela le sélectionner dans le menu déroulant.

The screenshot shows the 'Gains/losses' configuration window for the 'office' zone. The table below lists the gain/loss types and their configurations:

gain/loss type name	gain/loss type category	gain/loss type mode	scale 1	scale 2	ref. area fraction	geo. pos.	daylight control
officePeople	people	gain related to refere...	I: 1*occDensity	I: 1*occFraction	1	0	-
officeEquip	electrical equipment	gain related to refere...	I: 1*equipPowerDensity	I: 1*equipFraction	1	0	-
officeLight	lights	gain related to refere...	I: 1*lightPowerDensity	I: 1*lightFraction	0.5	0	front_dc
officeLight	lights	gain related to refere...	I: 1*lightPowerDensity	I: 1*lightFraction	0.5	0	back_dc

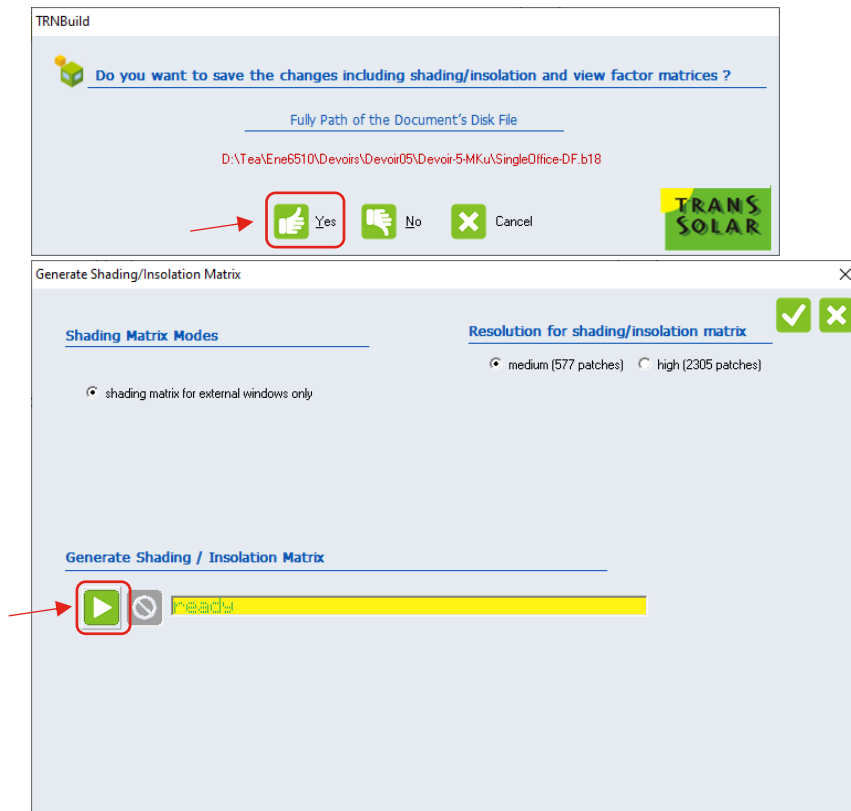
The configuration for the selected 'officeLight' gain is shown below:

- gain/loss type:** officeLight
- geo position:** 0
- scale 1:** I: 1*lightPowerDensity
- scale 2:** I: 1*lightFraction
- daylight control:** on, daylight control type: front_dc

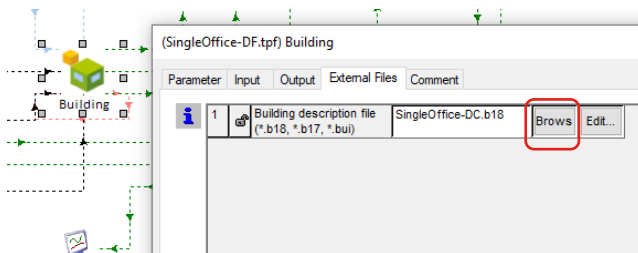
A callout box with a red arrow pointing to the 'daylight control type' dropdown menu contains the following text:

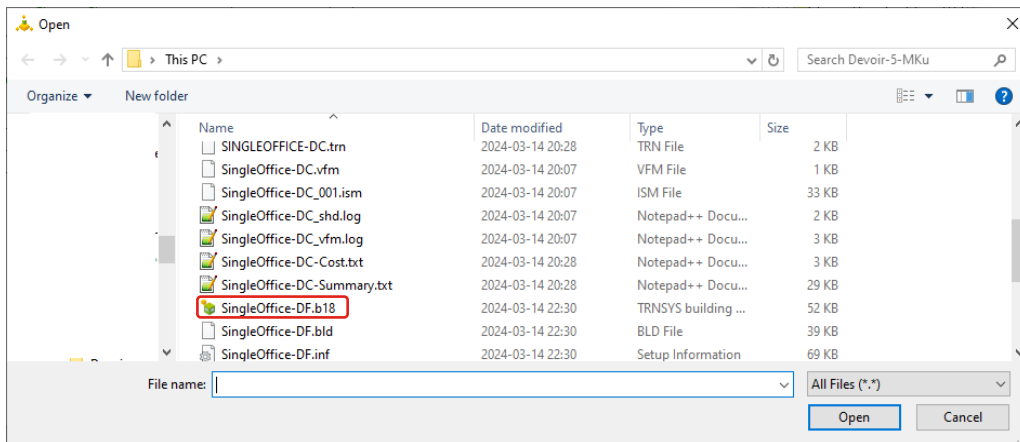
Attention, après le changement le nom ici doit être « room_df », sinon re-sélectionnez-le dans le menu. Répétez pour les 2 gains (dans la liste en haut)

- Après avoir fait ces changements, sauvez le fichier et fermez-le. Lors de la fermeture, vous **devez** choisir de générer les fichiers d'ombrage et de facteurs de forme.



Enfin, une fois revenu dans le projet (dans le Simulation Studio), vous devez configurer le composant bâtiment pour utiliser le nouveau fichier (SingleOffice-DF.b18 et plus SingleOffice-DC.b18). Pour cela, allez dans l'onglet « External Files » et sélectionnez le nouveau fichier .b18.

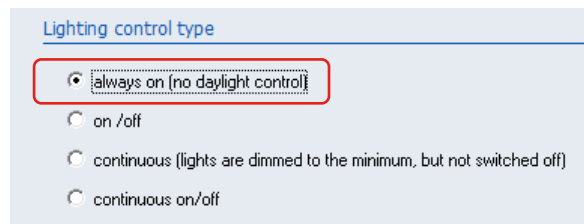
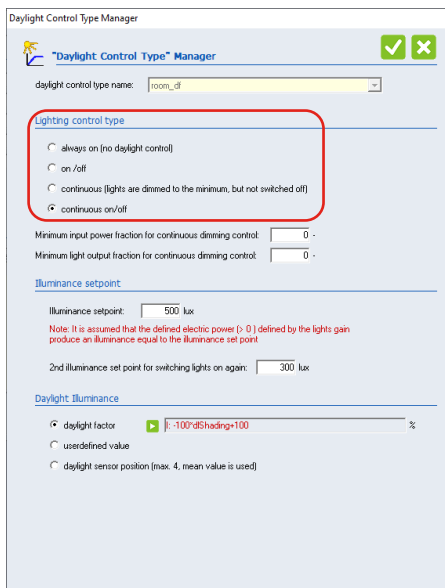




2. Désactivation de la prise en compte de l'éclairage naturel

Pour désactiver la prise en compte de l'éclairage naturel, vous pouvez laisser en place les contrôles existants du modèle avec les *daylight factors*, mais en modifiant la stratégie pour changer de « continuous on/off » (qui adapte l'éclairage artificiel à l'éclairage naturel) vers « always on » (qui va simplement laisser l'éclairage allumé en tout temps).

Avant de faire cela, vous pouvez à nouveau renommer les fichiers, par exemple en `SingleOffice-NoDaylight.b18` et `SingleOffice-NoDaylight.b18`. La modification doit être faite dans les « Daylight Control Types » :



En fermant le fichier, vous **devez** à nouveau choisir de générer les fichiers d'ensoleillement et de facteurs de forme.

Attention, n'oubliez pas de sélectionner le bon fichier `.b18` lorsque vous revenez dans le Simulation Studio!