

Ciels et soleil artificiels

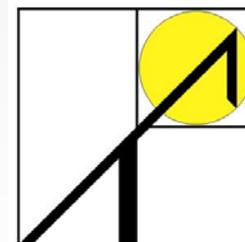
Ir. Arnaud Deneyer - CSTC



CSTC

Centre Scientifique et Technique de la
Construction
*Division Physique du Bâtiment et Climat
Intérieur*

Ministère de la Région Wallonne
DGTRÉ
Division Energie



UCL

Université Catholique de Louvain
Architecture et Climat

3 moyens – étudier lumière naturelle

- Mesures sur site
 - *E – L - DF - réels*
 - *Fonction*
 - *des conditions météorologiques*
 - *de l'utilisation du local*
 - *Après la construction*

- Simulations informatiques
 - *Premier modèle - facile*
 - *Difficile de simuler parfaitement*
 - *Images (pas de valeurs réelles)*



3 moyens pour étudier

- Mesures sur modèle (1/10 – 1/100) sous ciel artificiel
 - *Overcast sky – Mirror Box*
DF – Répartition lumineuse
 - *Ciel artificiel (simulateur solaire) –*
Modélisation des différentes positions du soleil
Mesures dynamiques sur une année complète
Evaluation du comportement



Ciel artificiel – pourquoi ?



■ PC

- ↑ *Rapide – adaptations et modif*
- ↑ *Calcul rapide*
- ↑ *Génération d'images*
- ↑ *Animations*
- ↓ *Validité des calculs ?*
- ↓ *Non didactique*
- ↓ *Pas de preception directe*
- ↓ *Besoin d'un modèle 3D*
- ↑ *Accessibilité : tous, partout*

■ Artificial sky

- ↑ *Rapide – adaptations et modif*
- ↑ *Calcul rapide*
- ↑ *Génération d'images*
- ↓ *Animations difficiles*
- ↑ *Mesures physiques*
- ↑ *Didactique*
- ↑ *Perception et expérience*
- ↓ *Besoin d'un modèle*
- ↓ *Instituts spécialisés*



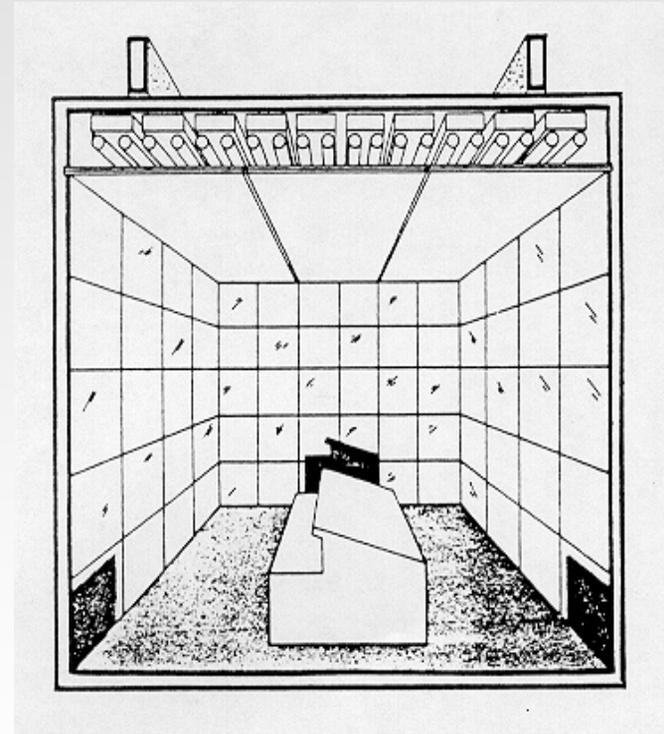
Mirror Box

- Plafond lumineux constitué de lampes TL et d'un diffuseur opalin – Transmission : 83 %
- Murs = miroirs
- Sol - gris $\rho = 20 \%$

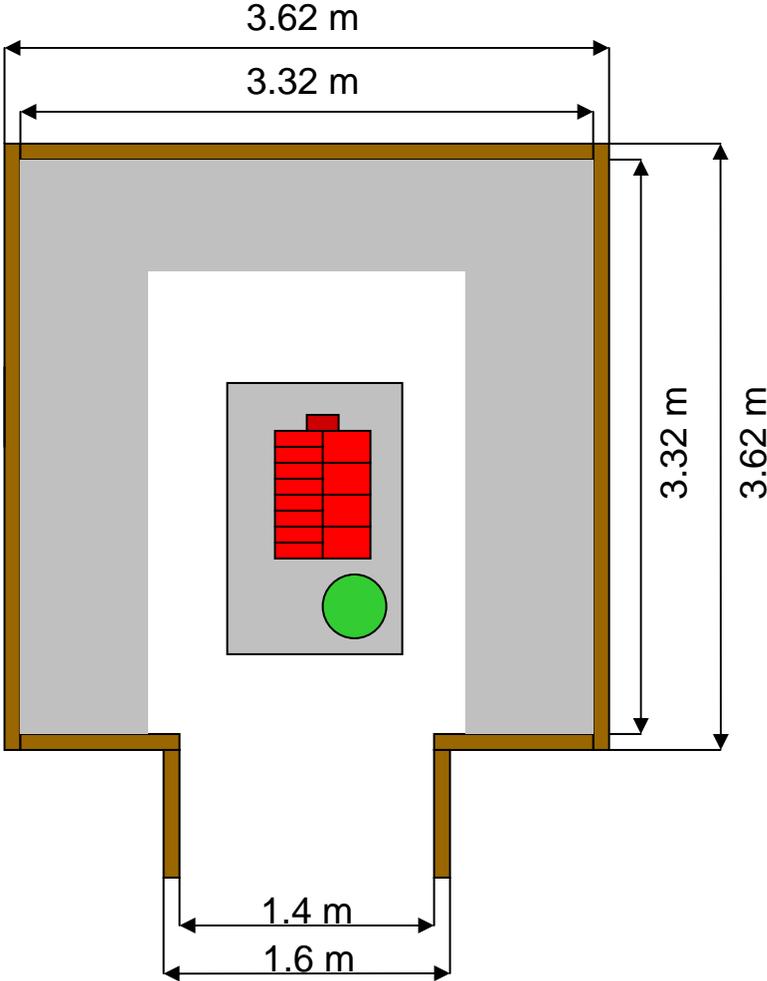
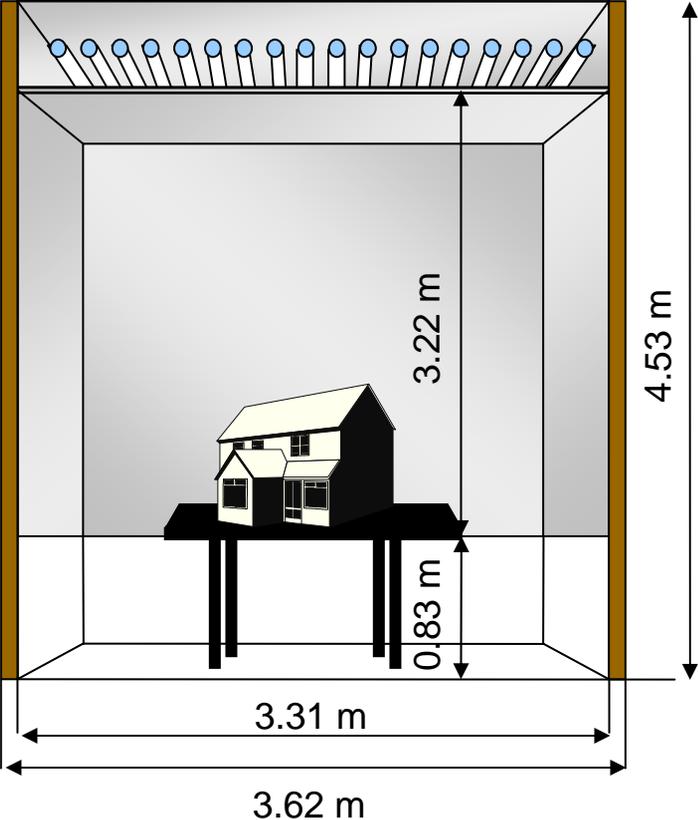
Où?

- 11 ciels sur 13 aux USA
- Building Research Station, UK
- ENTPE, France

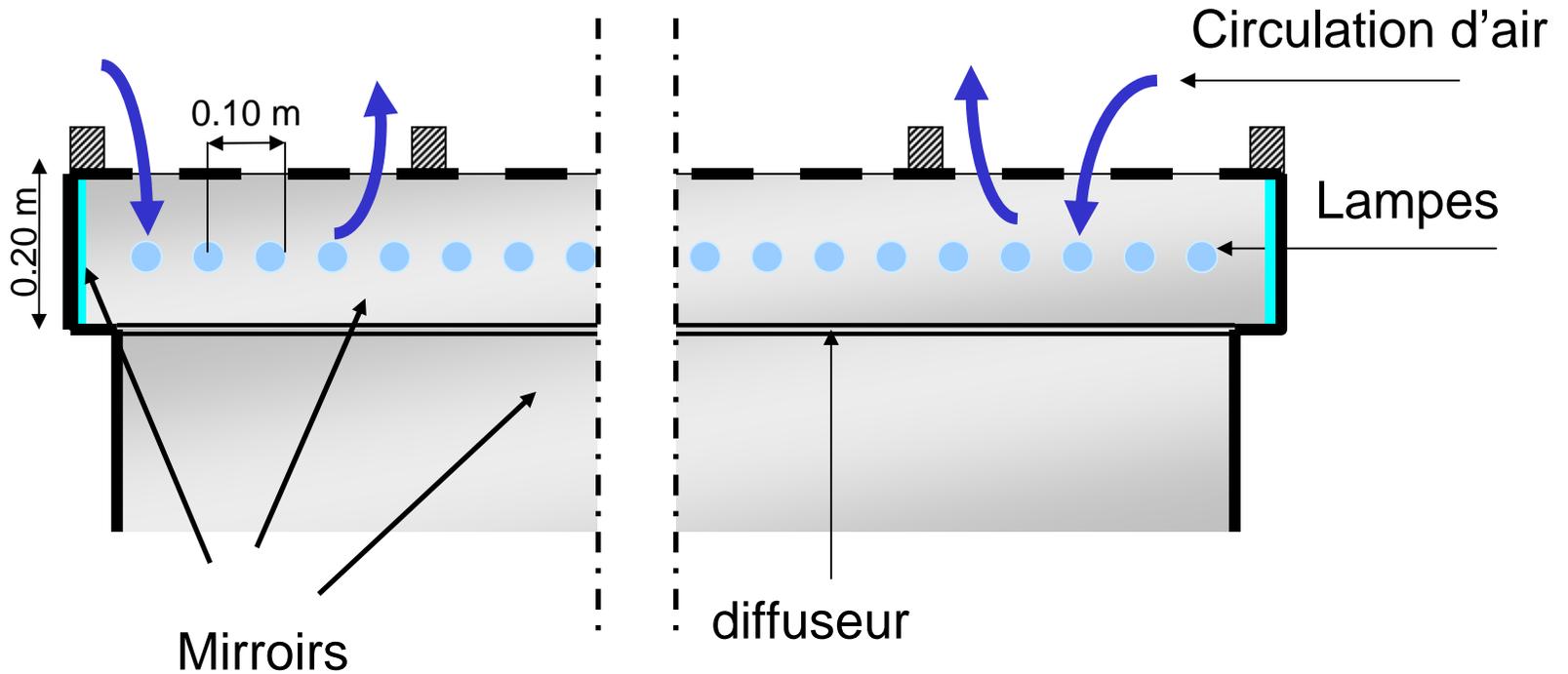
- +1 CSTC, Belgique



Mirror Box

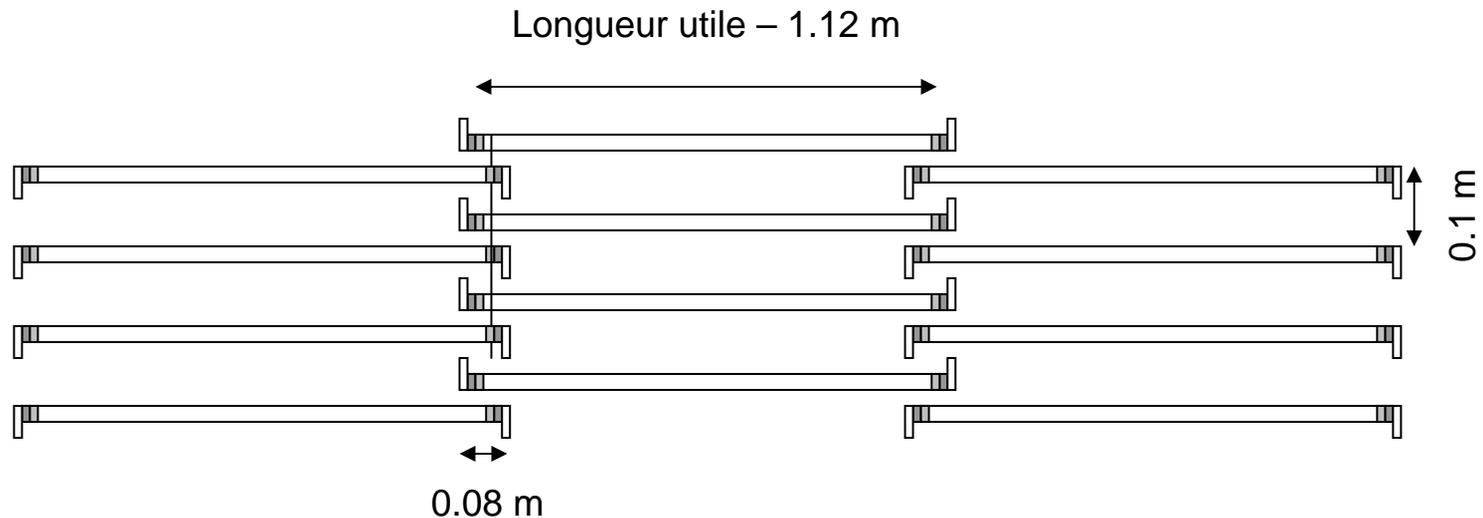


Mirror Box - Plafond



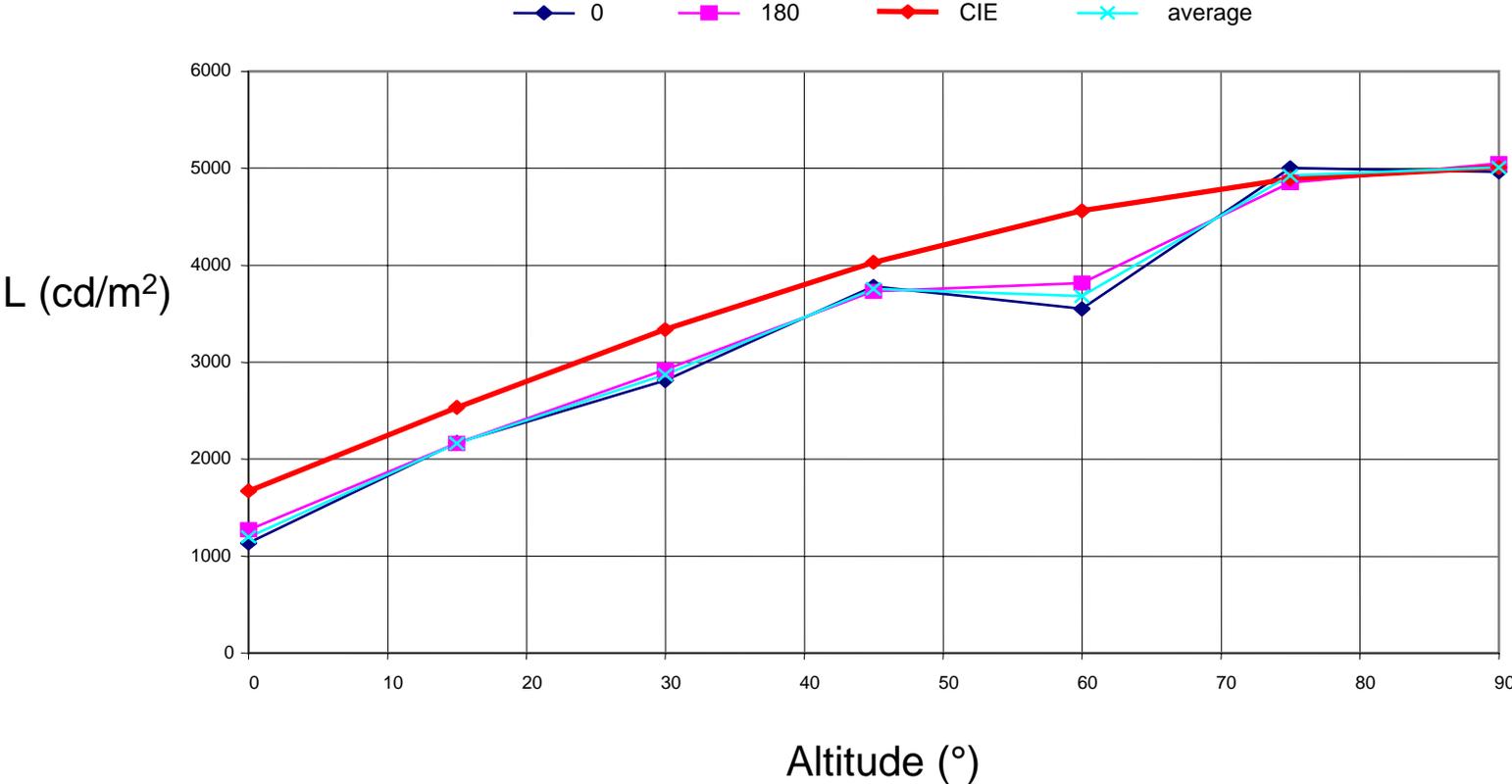
Mirror Box – arrangement TL

- 101 Tubes TL
- 36 W – 6500°K
- Chevauchement des têtes (éviter les bandes noires)



Mirror Box

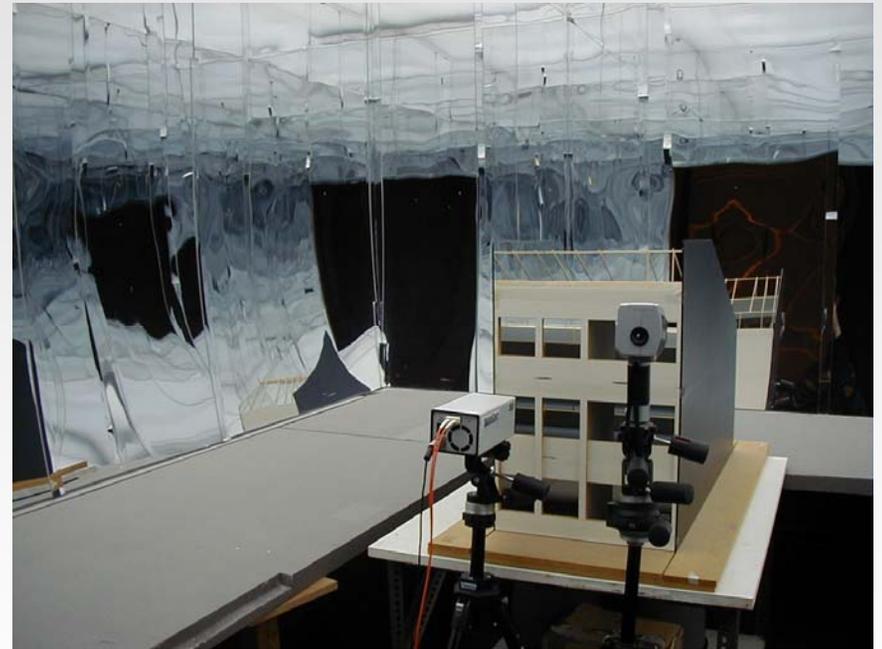
■ *Distribution des luminances*



Mirror Box



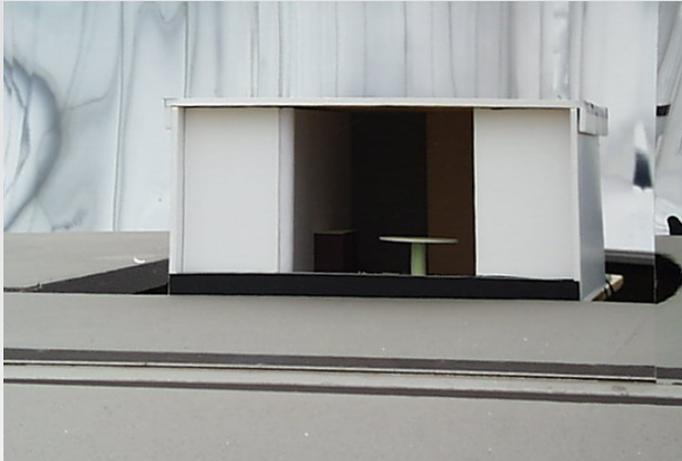
Extérieur



Intérieur



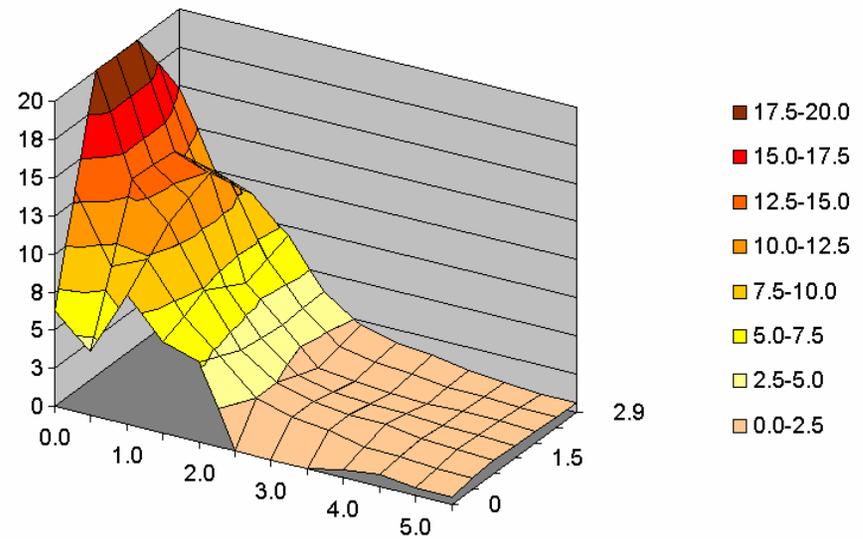
Mirror Box



- *Luxmètres : E, FLJ*
- *Vues intérieures*
- *Distribution des luminances*

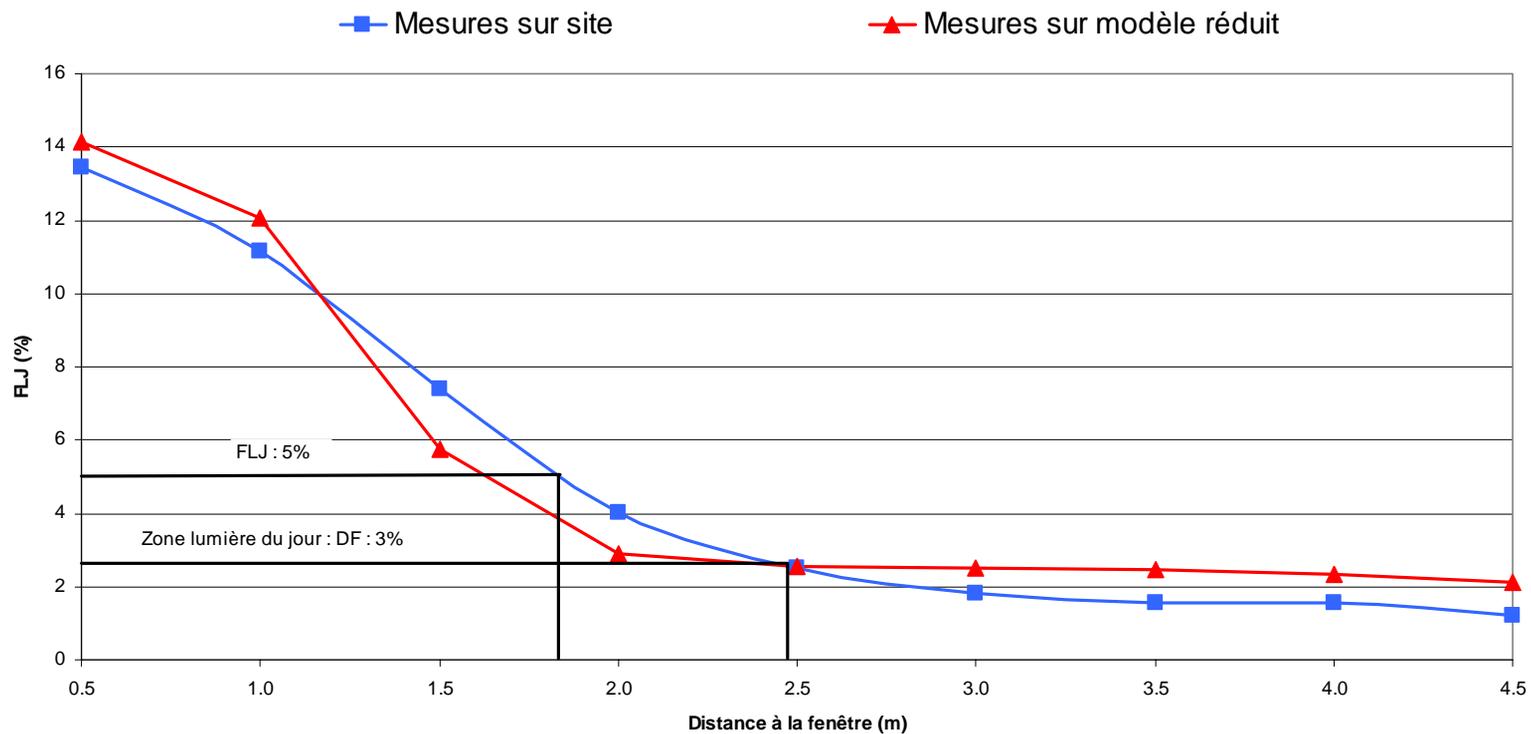


Calcul / mesure du FLJ



Mirror Box

■ Validation des mesures



Mirror Box

- Temps de mesure relativement court
- Mesure E intérieur / E extérieur
- Détermination FLJ
- Jusqu'à 20 points de mesures
- Images intérieures Noir et Blanc et/ou Couleur
- Autres configurations aisément mesurables

- 1 seul type de ciel – ciel couvert CIE
 - ⇒ *Développement d'un autre type de simulateur*



Ciel et soleil artificiel à une lampe

- Nouveau concept de ciel :
 - *Modélisation de ciels variables*
 - *Introduction de l'éclairage du soleil*

En été :

$E_{\text{diffus}} (\text{ciel}) \pm 10\,000 \text{ lux}$

$E_{\text{direct}} (\text{soleil}) \pm 100\,000 \text{ lux}$

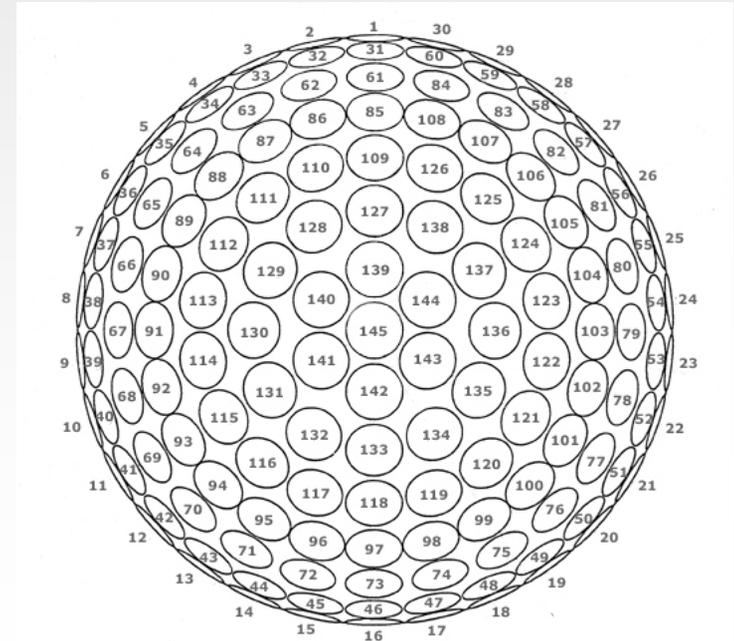
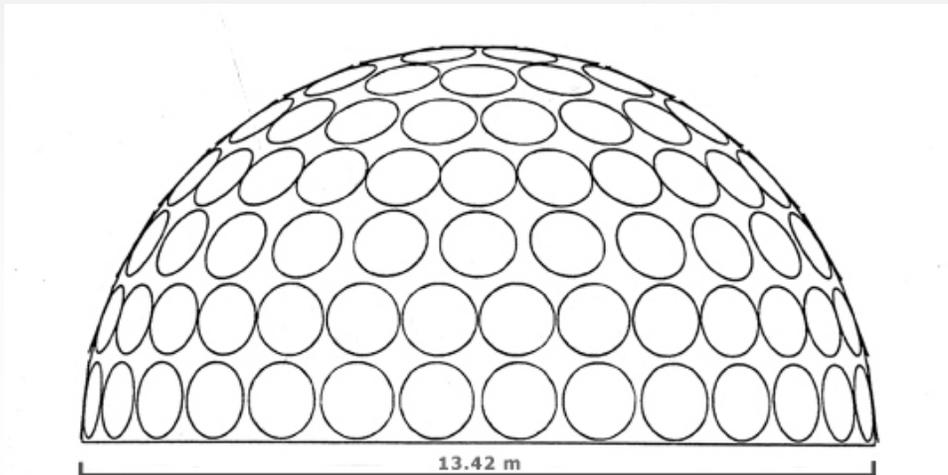
- Système dynamique :
 - *Variation de la composante diffuse*
 - *Variation de la composante directe*

En fonction du temps (heure et météo)



Ciel artificiel à une lampe

- Réaliser un pavage de la voûte du ciel
 - Division basée sur le modèle de Tregenza
 - 145 disques lumineux - pavage
 - 8 bandes différentes
 - 68% de couverture



Ciel artificiel à une lampe

- Modélisation du ciel (voûte)

Diverses possibilités



A. Dôme complet

Encombrement élevé

Calibration fastidieuse

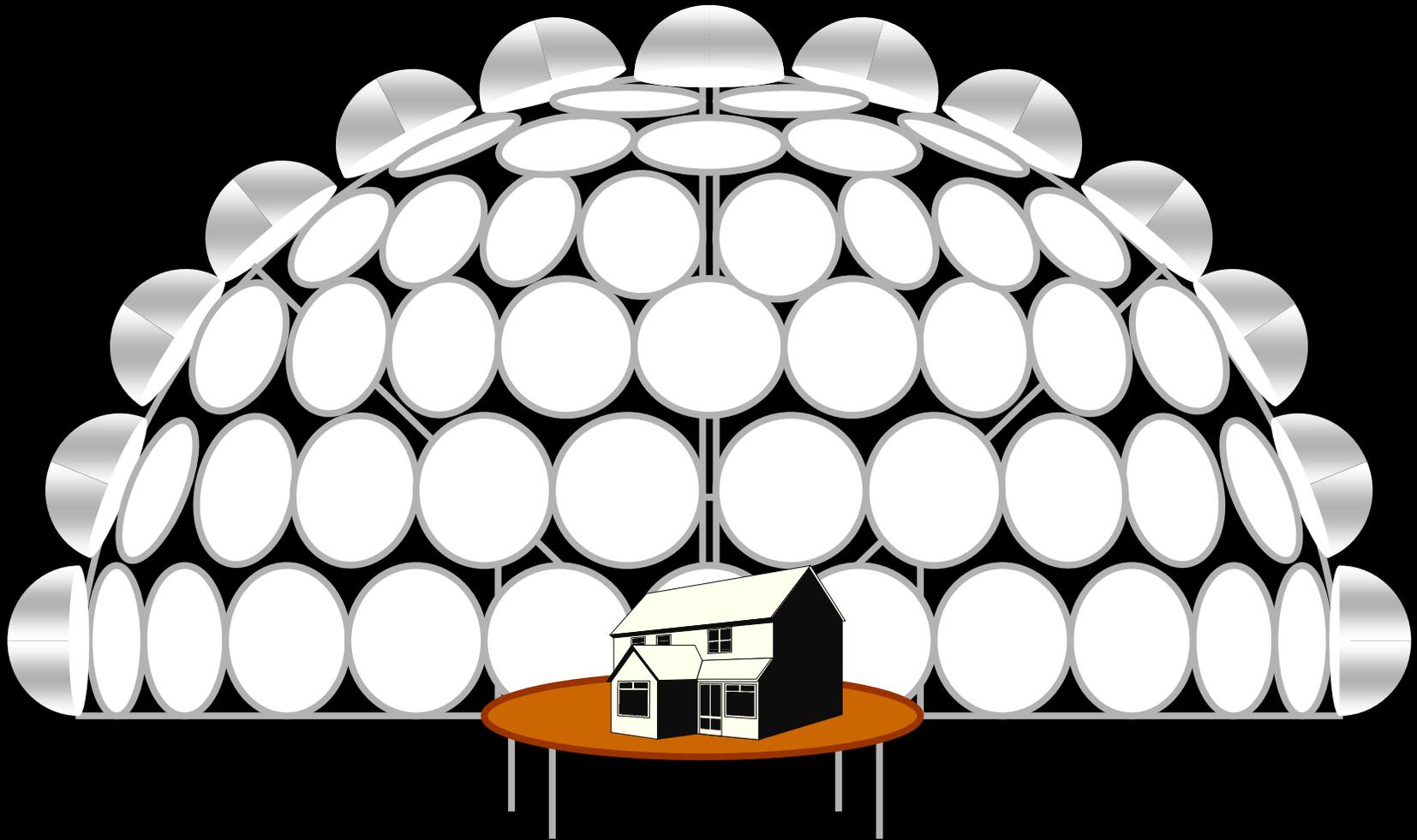
Entretien lourd

⇒ Coûteux

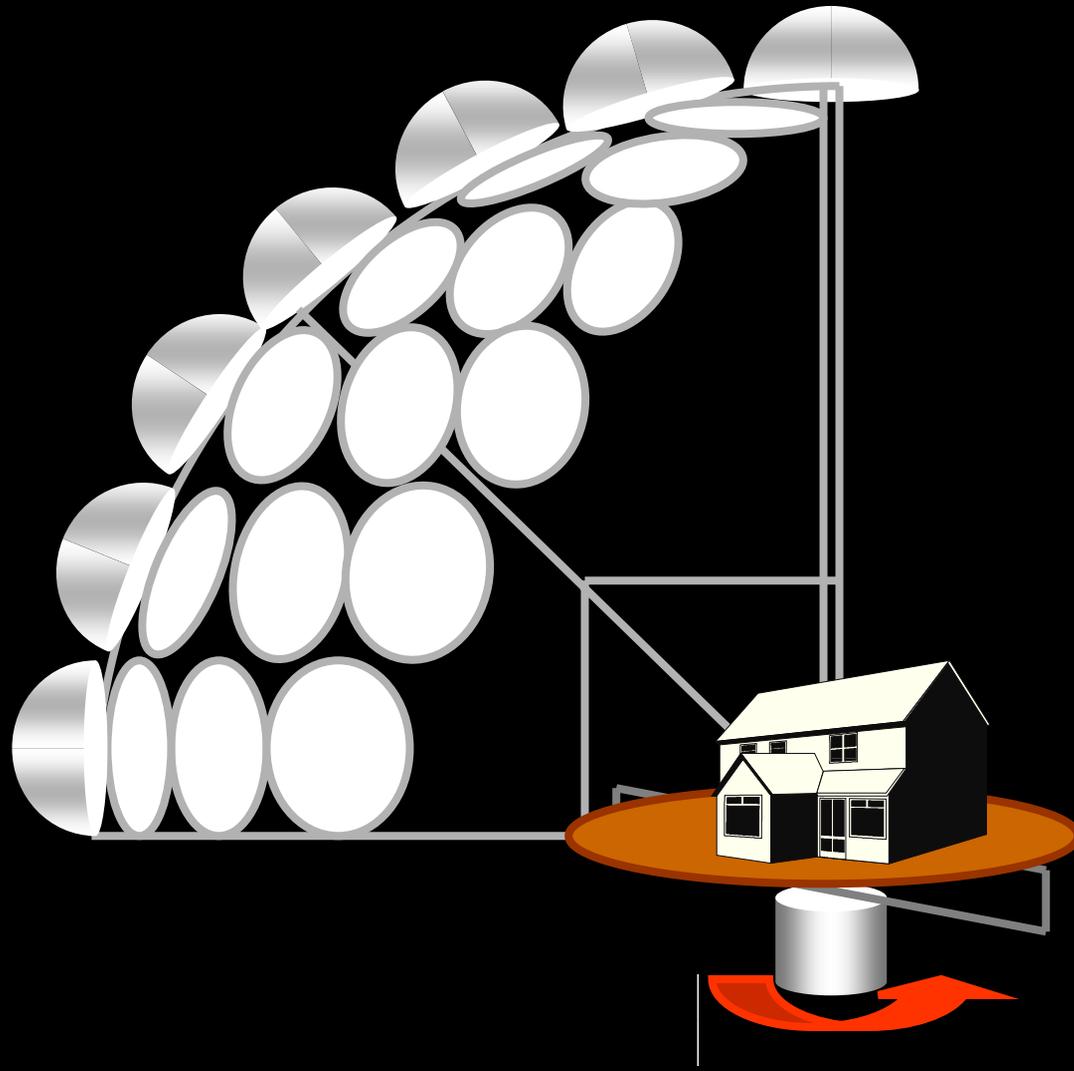
B. Discrétisation



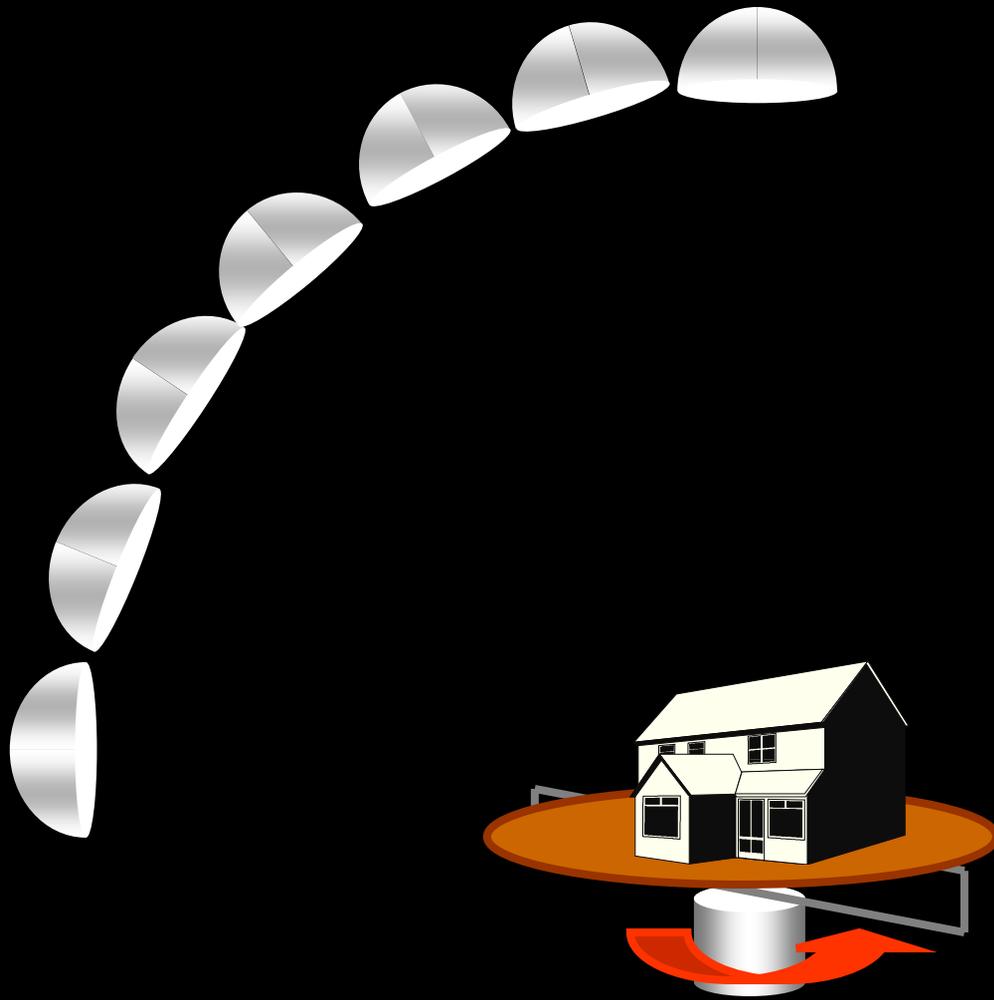
Dôme complet



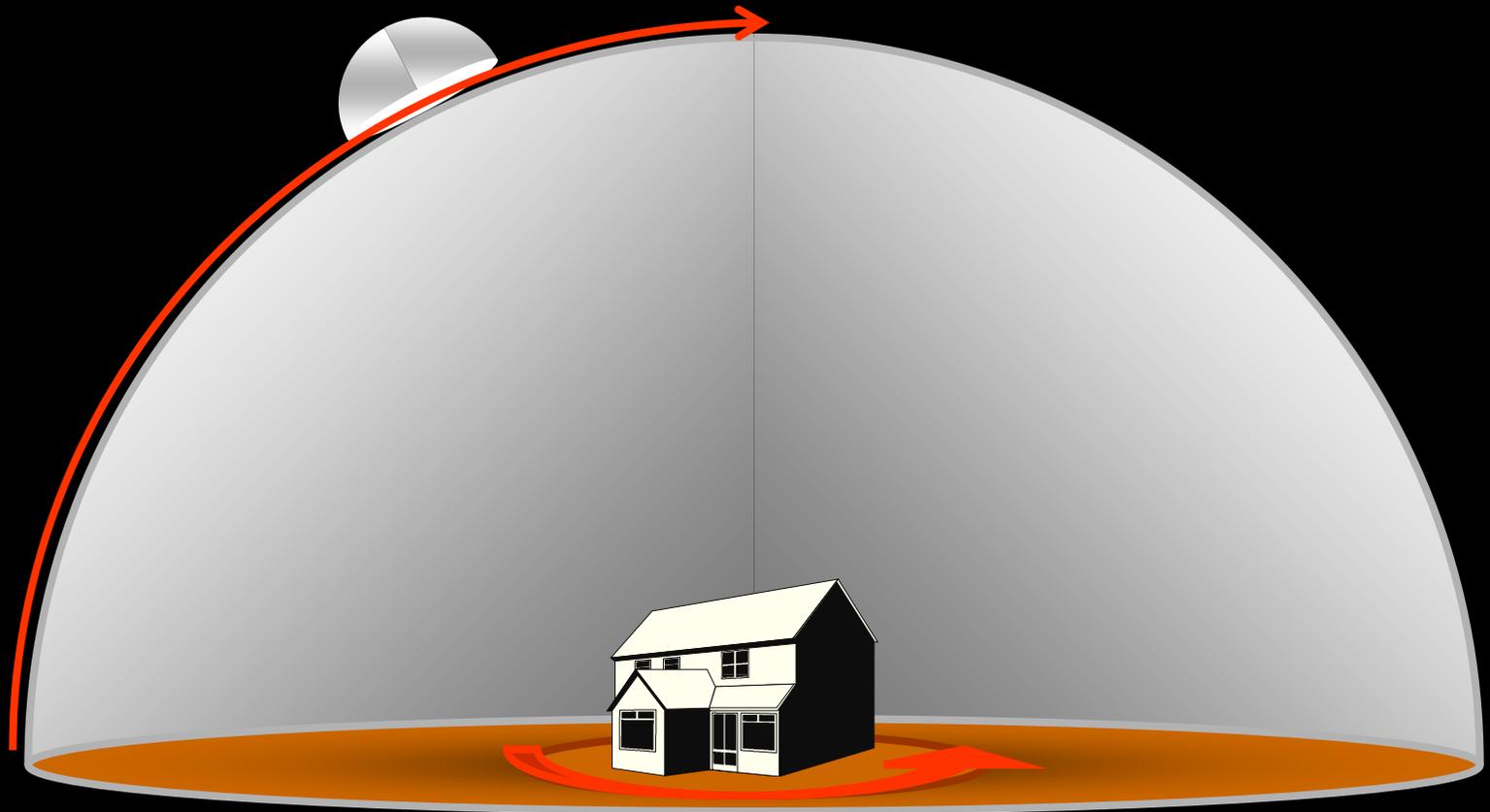
1/6^{ème} de dôme



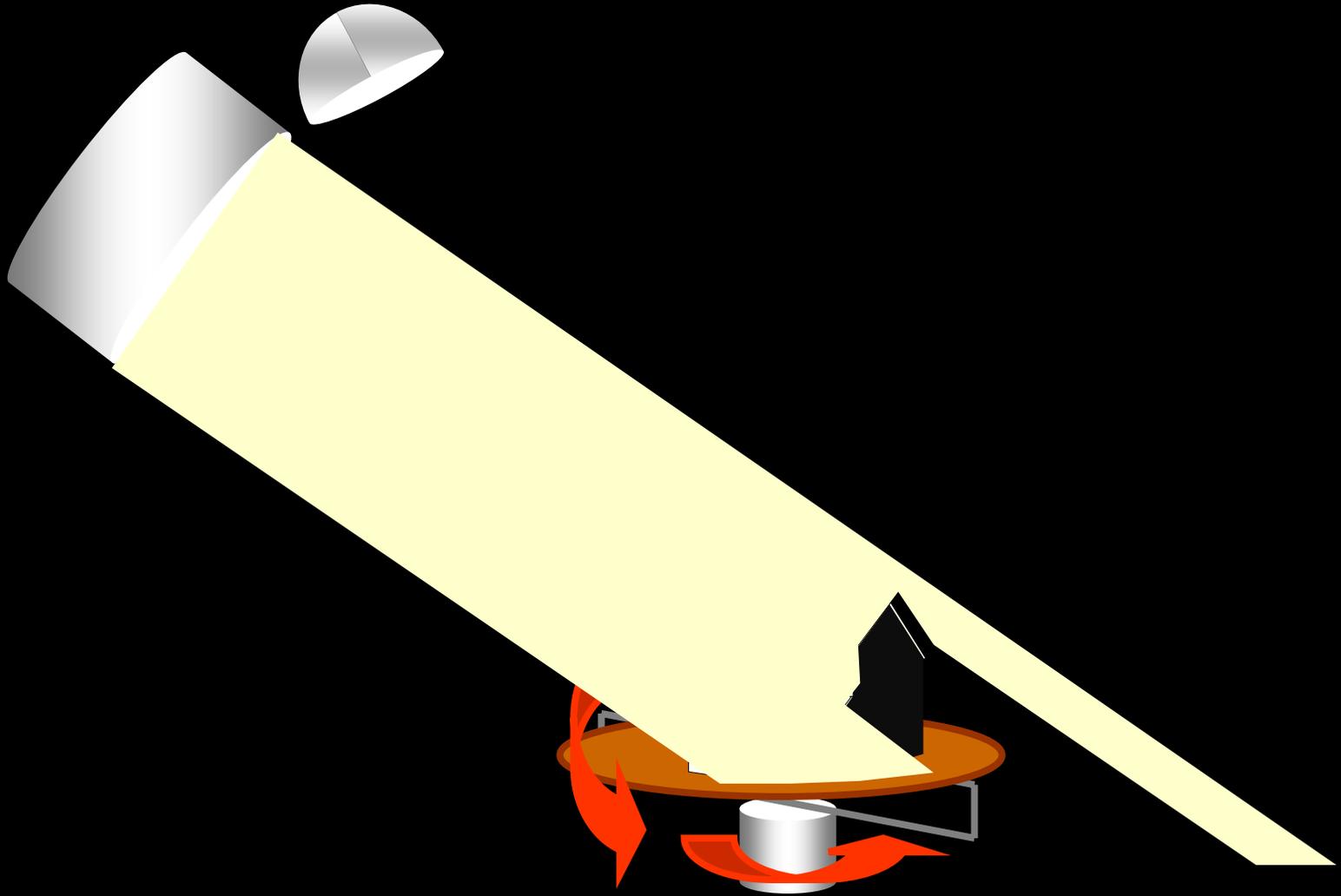
« Spotlight » – 1 rangée de lampes



1 lampe



1 lampe – Table tournante

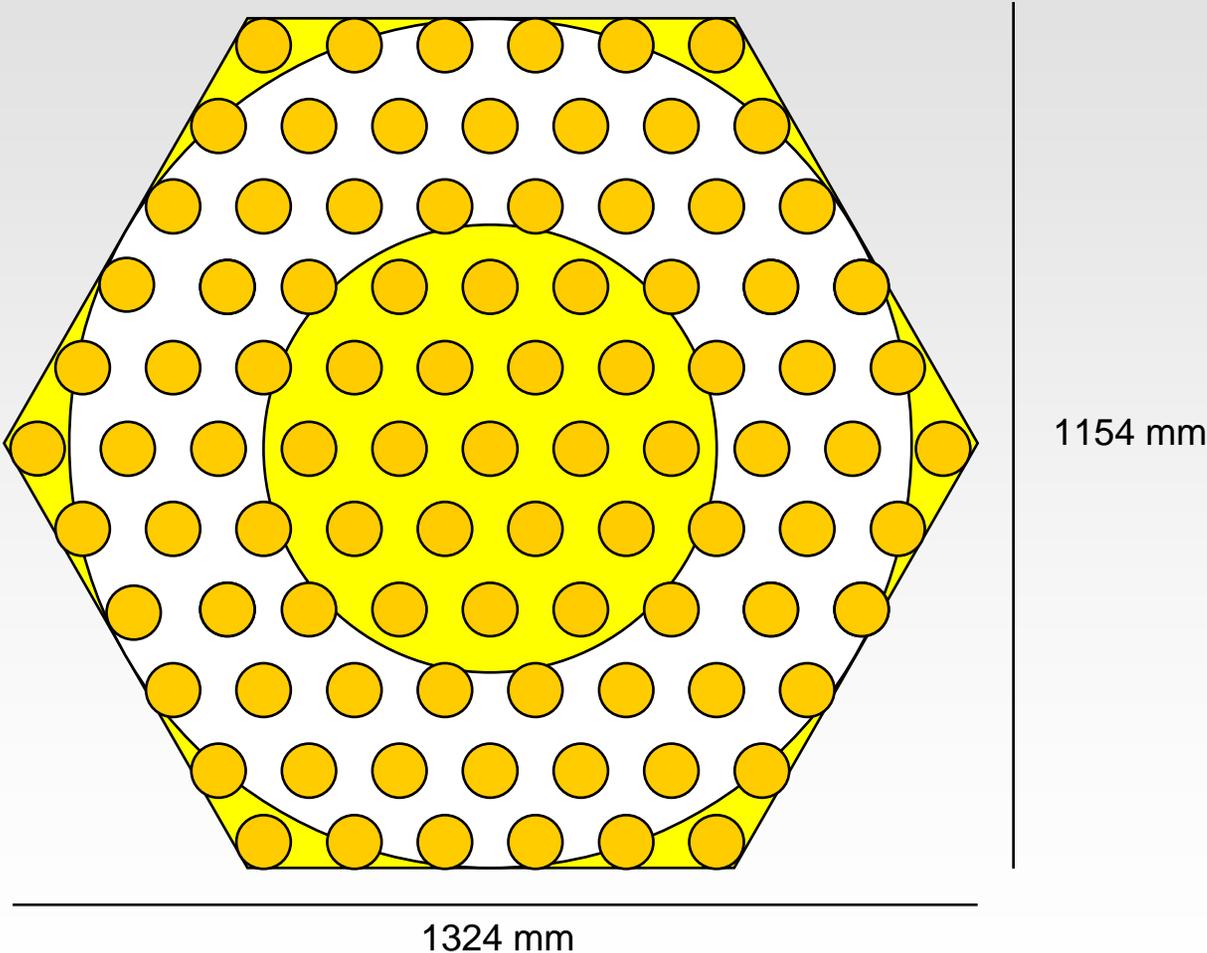


Modélisation – source ciel

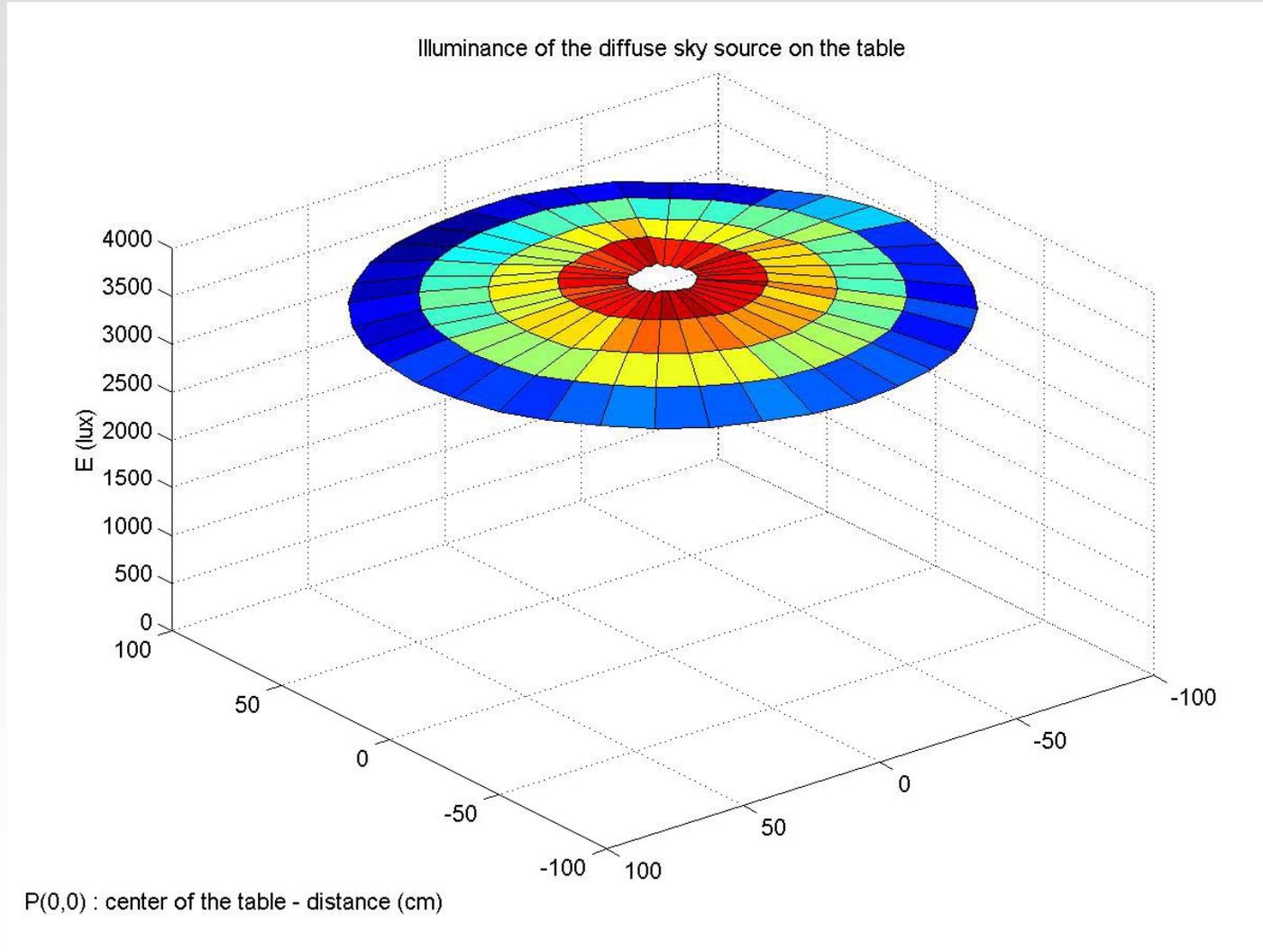
- 1 lampe = disque lumineux – patch
- Critères
 - *11 ° d'ouverture (depuis la table)*
 - *Source uniforme*
 - *Rayonnement diffus*
 - *E élevé*
- Approximation
 - *Disposition hexagonale*
 - *91 lampes halogènes – 12 V - 50 W*
 - *32° d'ouverture*



Source ciel



Uniformité – source ciel

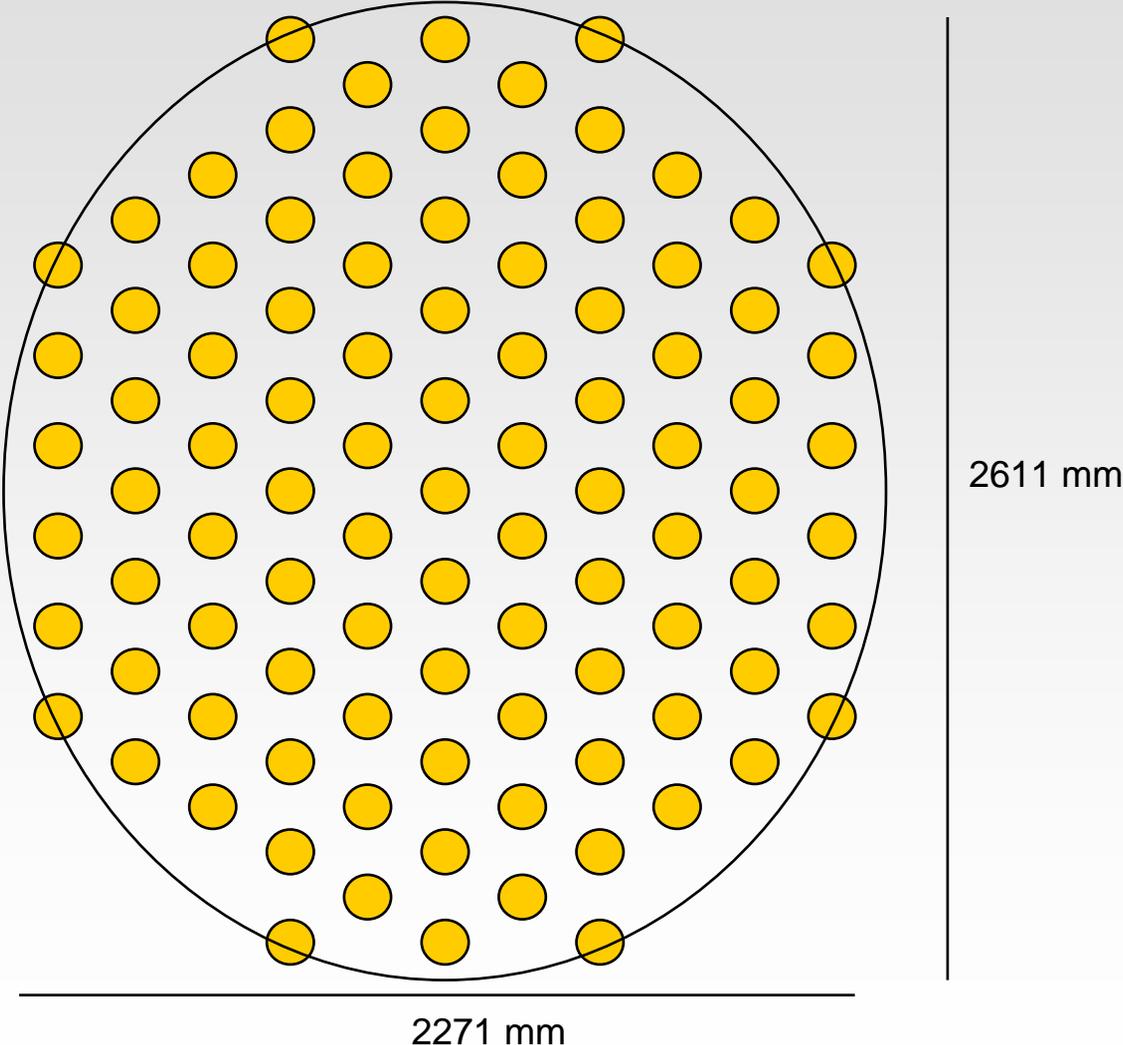


Source soleil

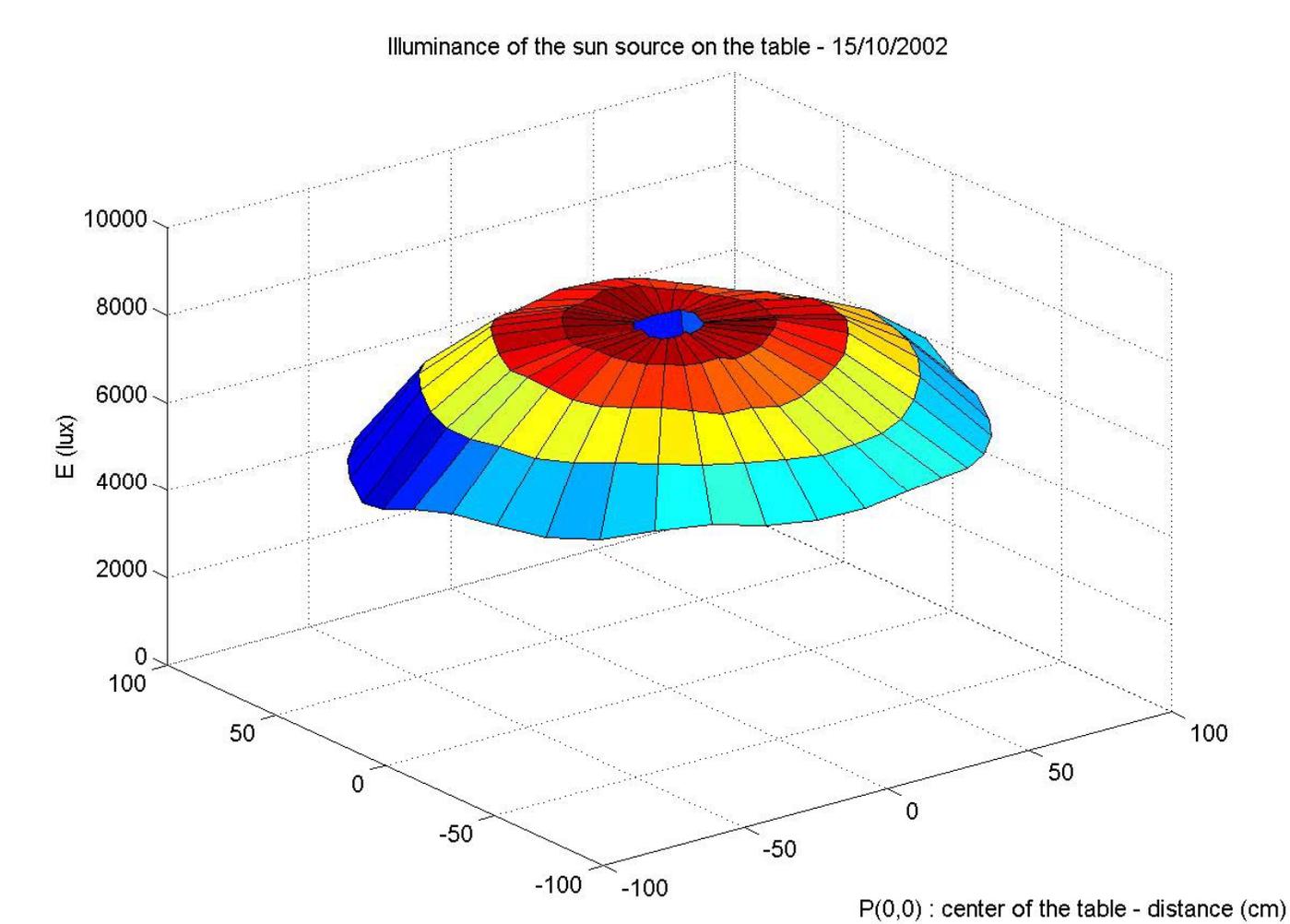
- 1 lampe
- Critères
 - *Source uniforme*
 - *Rayonnement parallèle*
 - *E élevé*
- Approximation
 - *Disposition hexagonale*
 - *91+4 lampes halogènes – 12 V - 50 W*
 - *4° d'ouverture*



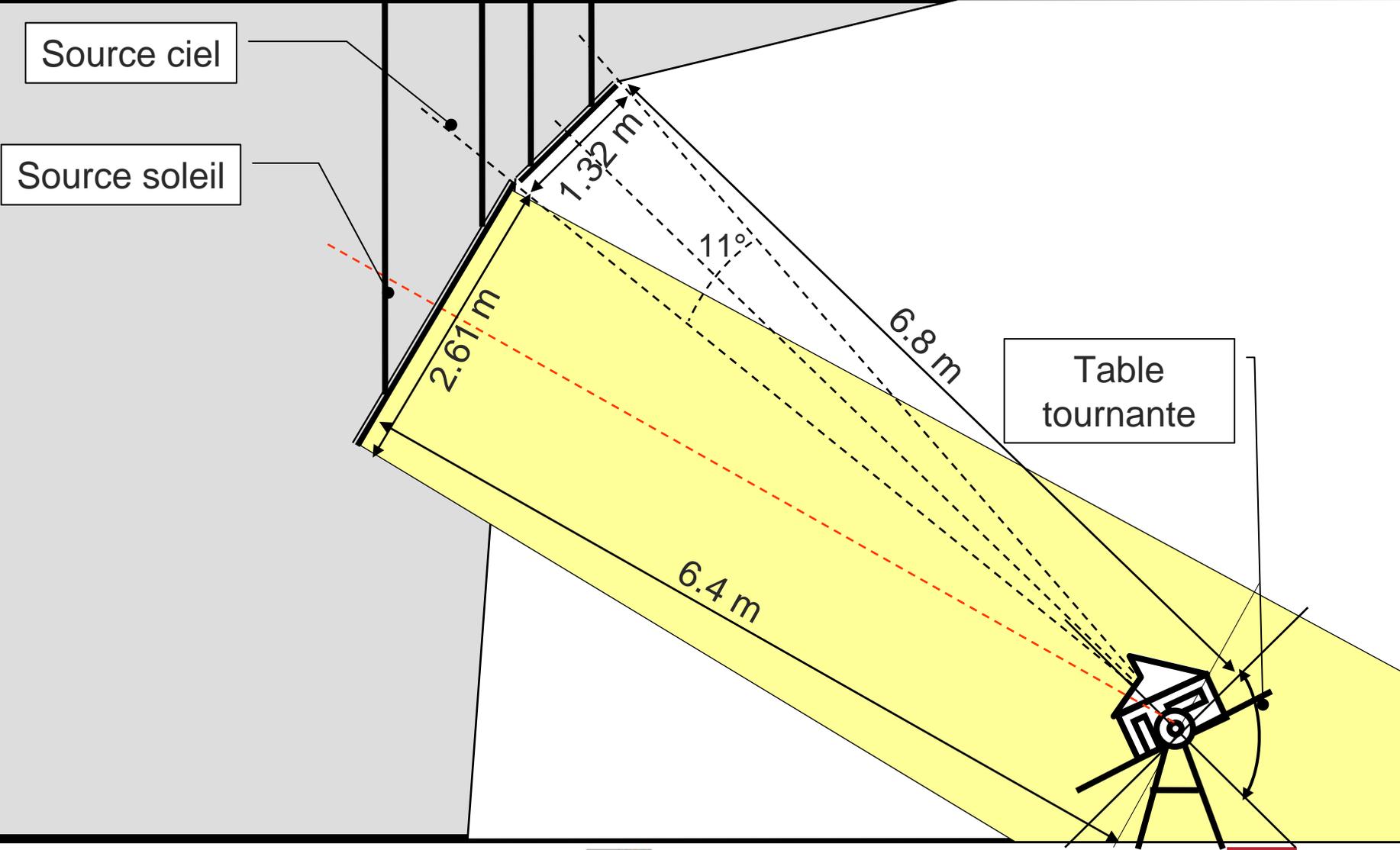
Source soleil



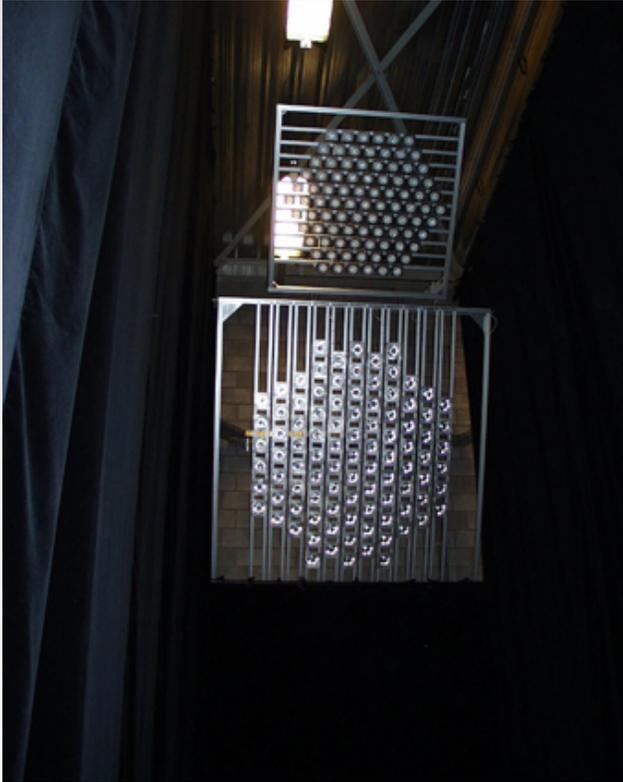
Uniformité – source soleil



Ciel et soleil artificiel à une lampe



Ciel et soleil artificiel à une lampe



Sources lumineuses

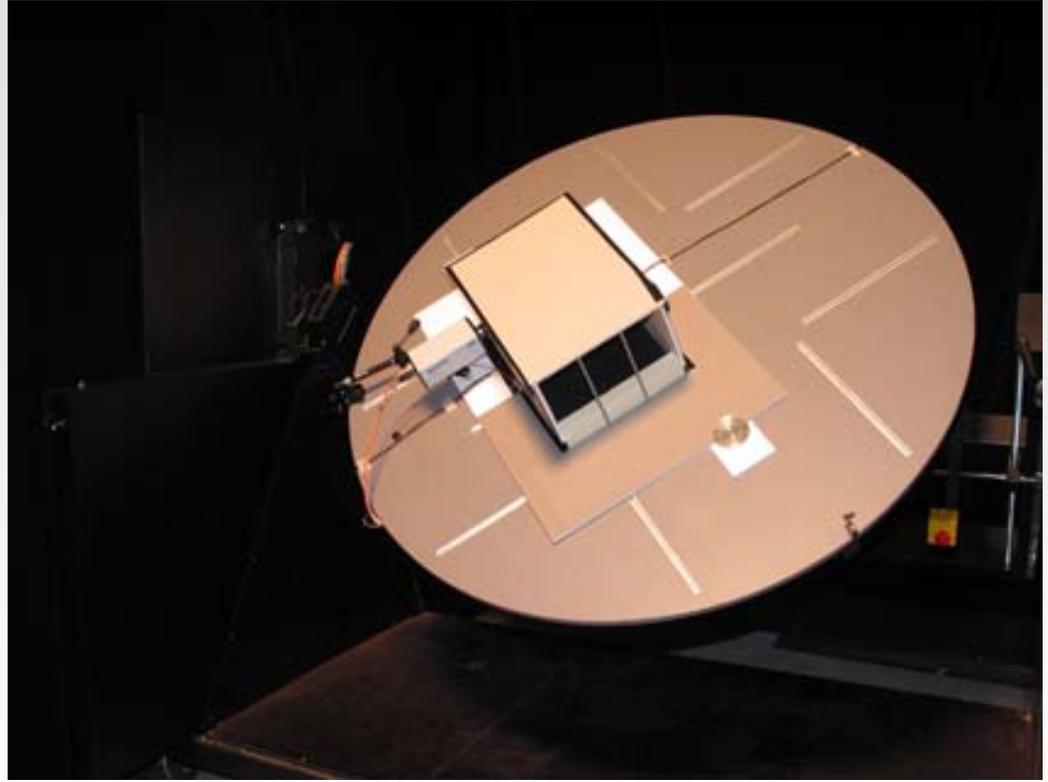
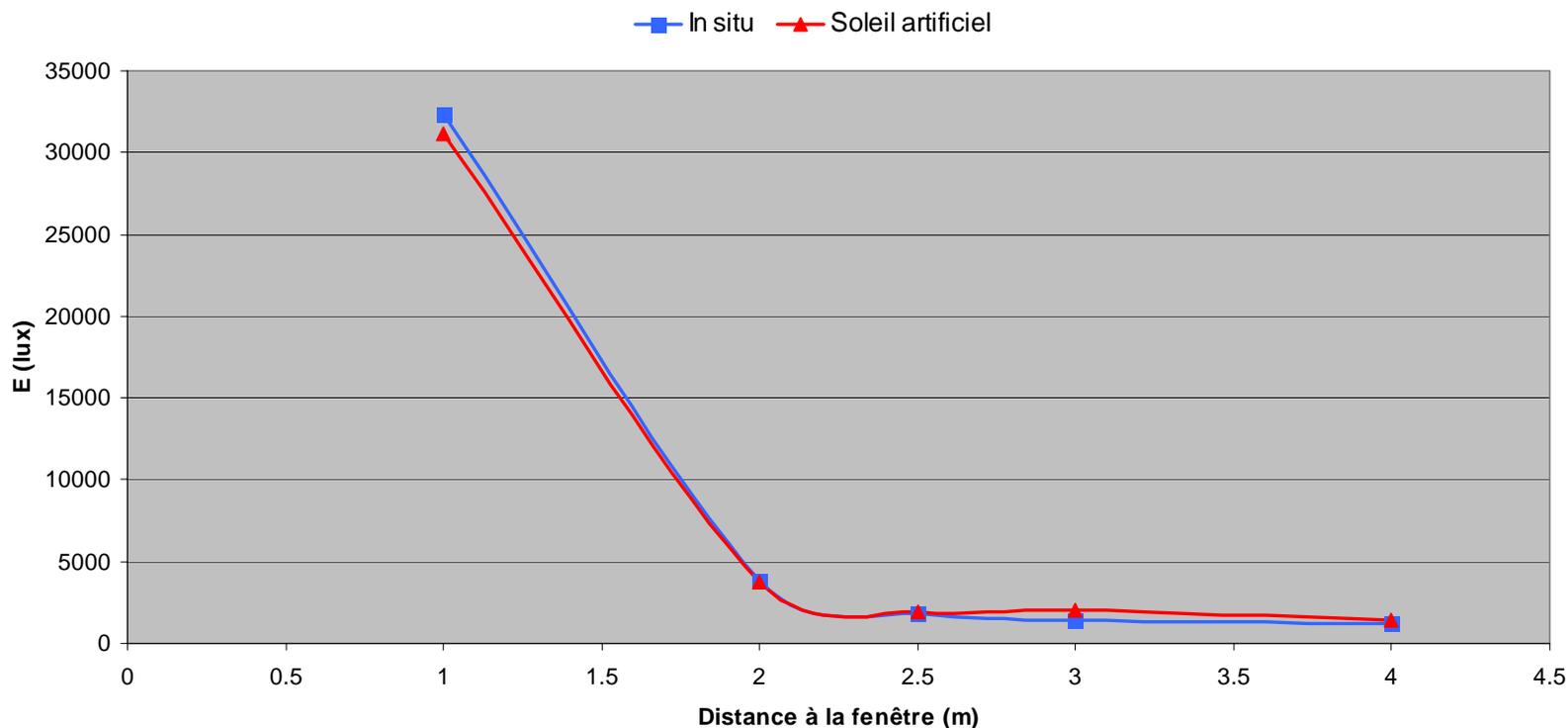


Table tournante



Ciel et soleil artificiel à une lampe

■ Validation des mesures



Résultats

- Mesures d'éclairement sous :
 - *Ciel couvert*
 - *Ciel variable*
 - *Soleil uniquement*
 - *Ciel + soleil*
 - + *Simulations dynamiques*
 - Course du soleil – 1 journée (déf pas horaire)
 - *Fonction de la date*
 - *Fonction de la latitude*
- Visualisation intérieure



Vue intérieure – orientation sud



12 h – 1^{er} mai

17 h – 1^{er} mai

15 h – 1^{er} déc.



CSTC



UCL



DGTRE

Ciel et soleil artificiel à une lampe

- Temps de mesure variable (entre 5 min et 1h15)
 - Mesure E intérieur / E extérieur
 - Détermination FLJ
 - Jusqu'à 20 points de mesures
 - Images intérieures Noir et Blanc et/ou Couleur
 - Autres configurations mesurables
-
- Diverses configurations de ciel + soleil
 - Simulations dynamiques



Conditions sur modèles

- Limitations
 - *Base : 1.1 m x 1.1 m*
 - *Hauteur : 0.7 m*
- Respect de la géométrie
 - *Volume*
 - *Formes*
 - *Echelle*
- Respect des coefficients de réflexion
- Modèle étanche à la lumière



Étanchéité à la lumière



CSTC



UCL



DGTRE

Développements futurs

- Visualisation des luminances
 - *Vidéo-luminance mètre*
- Couplage – Base de donnée Météo
- Correction du rendu des images
- Extension de la base de donnée des matériaux
- Offre étendue d'études et analyses

- Evolution permanente du Guide d'aide à la construction des modèles réduits + Guide à l'interprétation des résultats

