Tècniques d'il·luminació

Llogari Casas
Álvaro Ulldemolins

PID_00168411

UOC
Universitat Oberta de Catalunya
www.uoc.edu

Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca

Índex

1. Tècniques d'il·luminació bàsiques 5
1.1. Il·luminació en tres punts 5
1.1.1. Llum principal 8
1.1.2. Llum de farciment 12
1.1.3. Llum posterior 18
1.1.4. Relació llum principal - llum de farciment 20
1.2. Il·luminació en *array* 22
1.3. HDRI 26

2. Tècniques d'il·luminació avançades 32
2.1. Distribució de la llum 33
2.2. Traçat de rajos 34
2.3. Radiositat 36
2.4. Mapatge de fotons o *photon mapping* 38
2.5. *Final gathering* 40

3. Il·luminació interior 42

4. Il·luminació exterior 48
4.1. Control d'exposició 48
4.2. Sistema de llum diürna 50
4.3. Il·luminació interior amb llum exterior 54

5. Radiositat ambiental amb *Scanline* 59

6. Renderitzador *Mental Ray* 62

1. Tècniques d'il·luminació bàsiques

En el procés d'aprendre a il·luminar, és important conèixer les tècniques bàsiques àmpliament utilitzades en el món del cinema i la televisió. Coneixent aquestes tècniques i les seves particularitats podrem il·luminar gairebé qualsevol escenari que se'ns presenti.

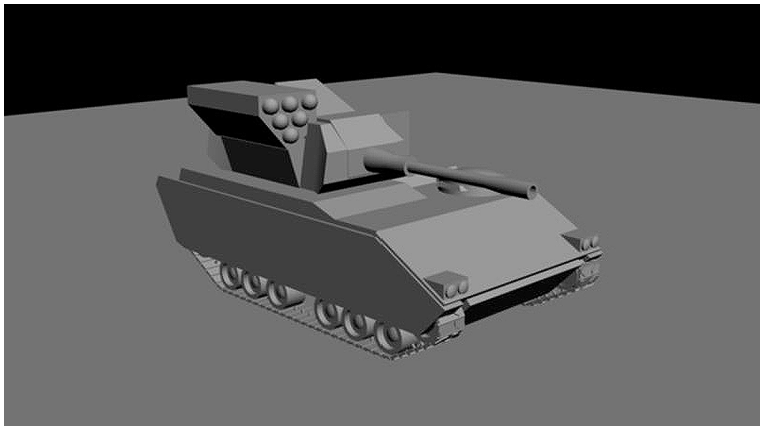
Una de les tècniques més freqüents a l'hora d'il·luminar una escena és la **il·luminació en tres punts**, la qual a partir de tres llums aconsegueix il·luminar una escena amb uns resultats força satisfactoris.

1.1. Il·luminació en tres punts

La convenció d'il·luminació en tres punts és una de les més fermament establertes en cinematografia i una de les més utilitzades en el món 3D.

Una de les raons principals per a utilitzar aquesta tècnica és que ajuda a emfatitzar les formes tridimensionals d'una escena.

L'experimentació amb aquest mètode simple ens pot portar a tot tipus de variacions en qualsevol esquema d'il·luminació per ordinador; i aprendre com obtenir el màxim rendiment d'aquest mètode ens pot donar un valor afegit per a tot tipus de situacions.

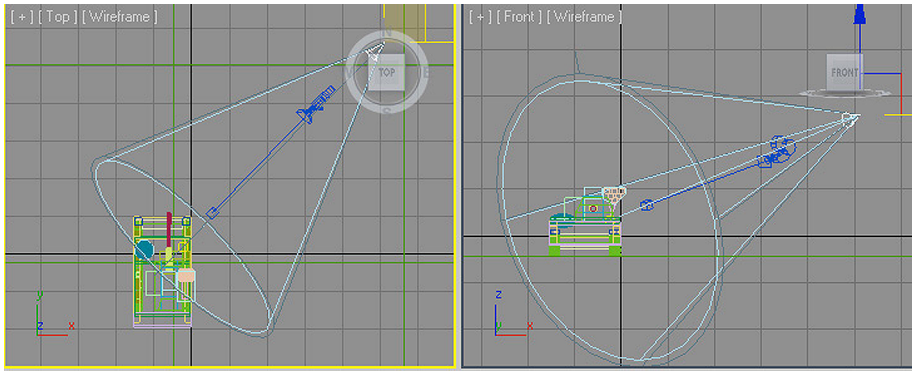


Escena sense il·luminació (per defecte amb 3dsMax)

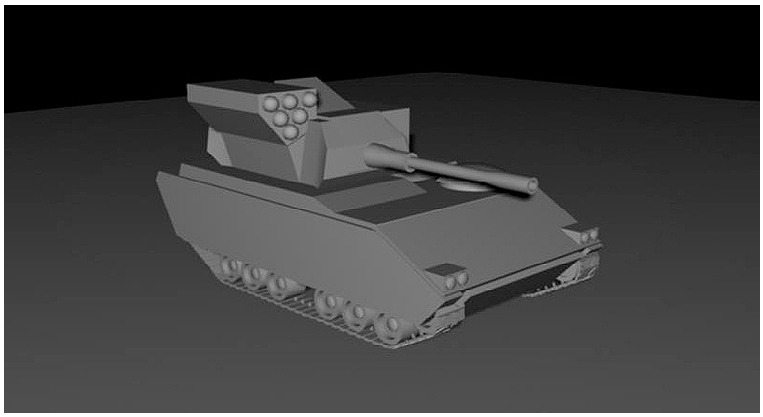
En una escena en 3D ens hem d'assegurar que les formes de l'objecte tridimensional estan ben il·luminades des de tots els angles, a fi de realçar la sensació tridimensional de la composició. L'última cosa que volem per a la nostra composició és que tingui un aspecte pla en la pantalla, i aquest mètode d'il·luminació ens permet corregir aquest defecte, gairebé com si estiguéssim modelant la llum.

Vegem un exemple. Tenim una escena en la qual s'ha modelat un tanc i hem d'il·luminar-lo.

La primera imatge està feta només amb un punt de llum, veiem que és força plana i no aconseguim diferenciar bé les formes de l'objecte.

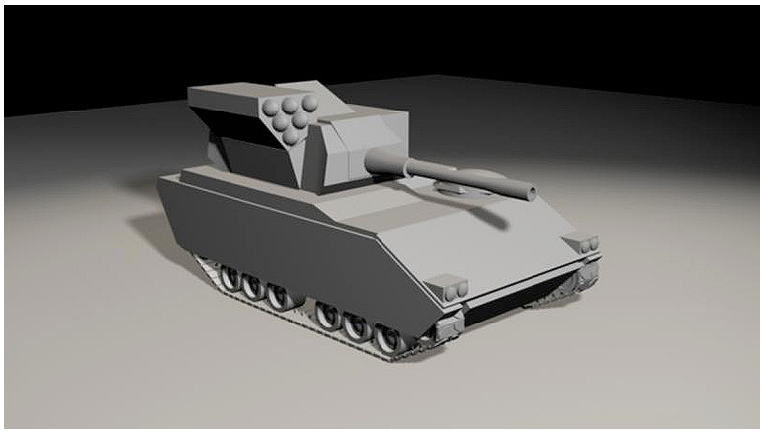


Il·luminació amb un punt de llum en el mateix angle que la presa de càmera



Veiem que si la llum està col·locada a la mateixa altura que la càmera gairebé no es generen ombres visibles.

En canvi, en utilitzar la tècnica de tres punts diferenciem els volums i tenim la sensació de profunditat.



Aquest mètode d'il·luminació involucra tres punts de llum, i cada un té la seva funció específica. **La llum principal** és la llum dominant i proveeix l'escena de la il·luminació principal, a més de repartir les ombres més òbvies.

Aquesta llum es pot representar amb llums interiors per a escenes nocturnes, llum solar per a exteriors o llum solar per a escenes en les quals entra la llum per una persiana d'una finestra. Aquesta llum defineix la il·luminació dominant i dóna una idea clara de la localització del punt de llum.

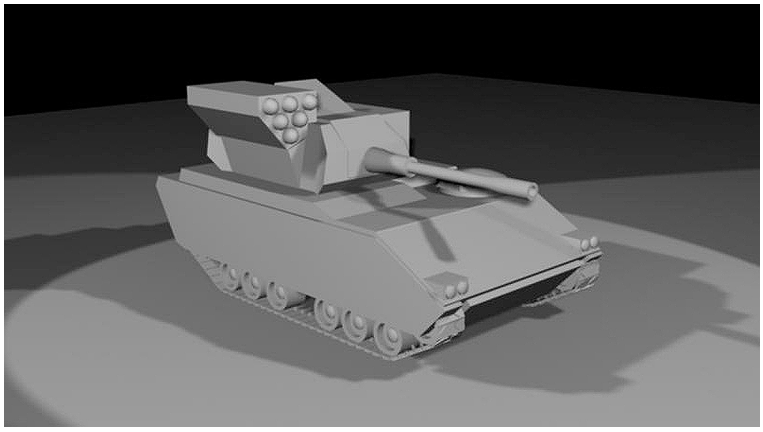
La funció de les dues llums restants, també denominades *de farciment* (primària i secundària), és modelar la il·luminació indirecta que es produeix pel rebot dels rajos de la llum principal en les superfícies de l'entorn.

Normalment, la **llum de farciment primària** es col·loca al costat oposat del subjecte, amb referència a la llum principal, la qual obre la il·luminació en el costat del subjecte que és en ombra i redueix la densitat d'ombres.

Per a ajudar-nos a separar el subjecte del fons, entra en escena la segona llum de farciment (**llum posterior**), la qual ens dóna profunditat a l'escena. Aquesta llum ens permet il·luminar la part posterior del subjecte i ens crea un efecte subtil de resplendor a les vores del subjecte, el qual ens ajuda a donar definició a l'escena.

En el tema de les ombres, ja hem comentat que un dels avantatges de ser en un món 3D és que podem apagar o encendre les ombres quan vulguem, i una configuració comuna en escenes senzilles és activar les ombres en la llum principal i desactivar-les en les llums de farciment.

Tanmateix, si necessitem ombrejar una altra escena més complexa, segurament necessitarem activar les ombres en totes les llums; en aquest cas serem nosaltres mateixos els que jutjarem si calen ombres extra o no.



Escena il·luminada amb totes les ombres dels focus activades

Tenir llums de farciment amb ombres és particularment necessari si la llum principal es veu obstruïda en algun punt de l'animació, en la qual es veu la imatge plana i uniforme. Aquestes ombres secundàries afegeixen profunditat i variació a la imatge, les quals donen un sentit de vida.

Cal destacar que hem d'anar amb compte a l'hora de tenir diferents fonts de llum amb ombres; especialment si les ombres vénen de diferents direccions produiran resultats que visualment poden distreure l'espectador. A més, si ens fixem en el món real, la major part d'ombres que veiem tenen vores suaus i subtils, de manera que amb un parell d'ombres sovint oferim un aspecte o *look* prou convincent.

Veurem cada tipus de llum amb una mica més de detall.

1.1.1. Llum principal

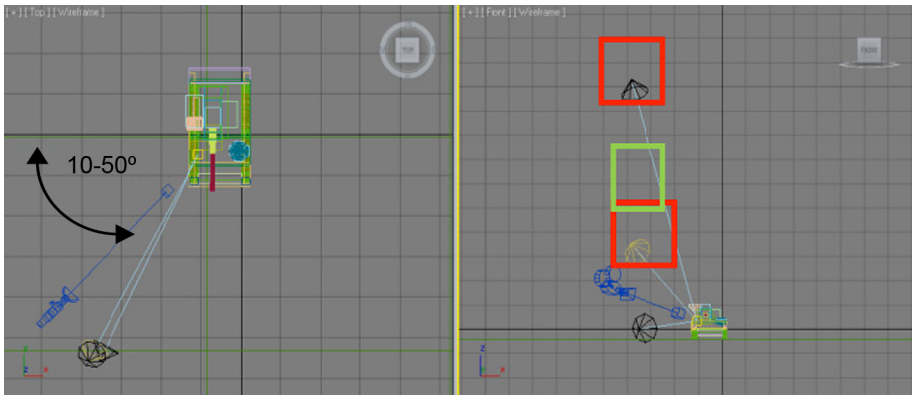
La **llum principal** és el focus d'il·luminació que més influeix de les tres llums involucrades, i la seva intensitat és més gran que qualsevol altre focus.

Això significa que aquesta llum crearà la il·luminació més remarcable i les ombres més definides, l'angle, la densitat i la suavitat de la qual ens donaran una idea del tipus i la localització de la font, i alhora ens serviran per a estimar l'hora del dia si, per exemple, aquesta llum representa el sol.

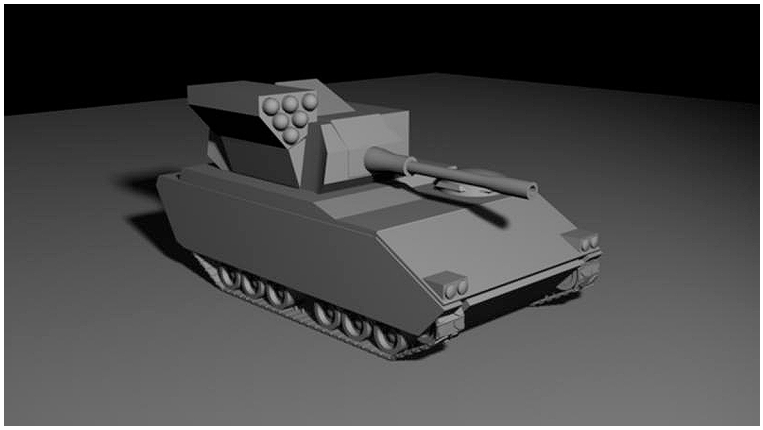
Per aquesta raó, escollir un bon angle de la llum principal en relació amb la càmera és de vital importància.

Normalment, quan treballem amb il·luminació en tres punts, la càmera es col·loca primer, amb la llum principal seguida de prop per darrere. Si introduïm canvis en l'angle de càmera a causa de les diferents preses de l'escena, caldran canvis subtils en la configuració d'il·luminació.

Normalment la llum principal es col·loca per sobre del subjecte en algun grau, en el qual les ombres apunten cap avall per a veure les coses il·luminades. Tanmateix col·locar la llum massa alta ens pot portar a obtenir ombres fosques i que l'escena sembli molt plana, sense volum.

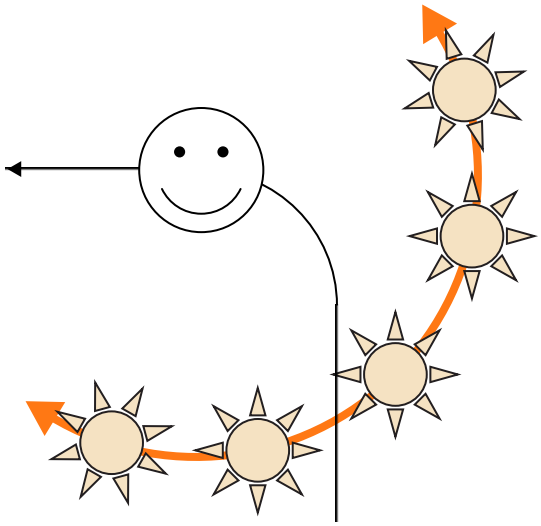


La millor guia per a col·locar una llum principal és fixar-nos en el seu repartiment d'ombres. Per a configuracions normals, l'angle format per la llum, el personatge i la càmera hauria de ser d'aproximadament entre 10º i 50º des del costat de la càmera.



Renderització amb una llum principal (*key light*)

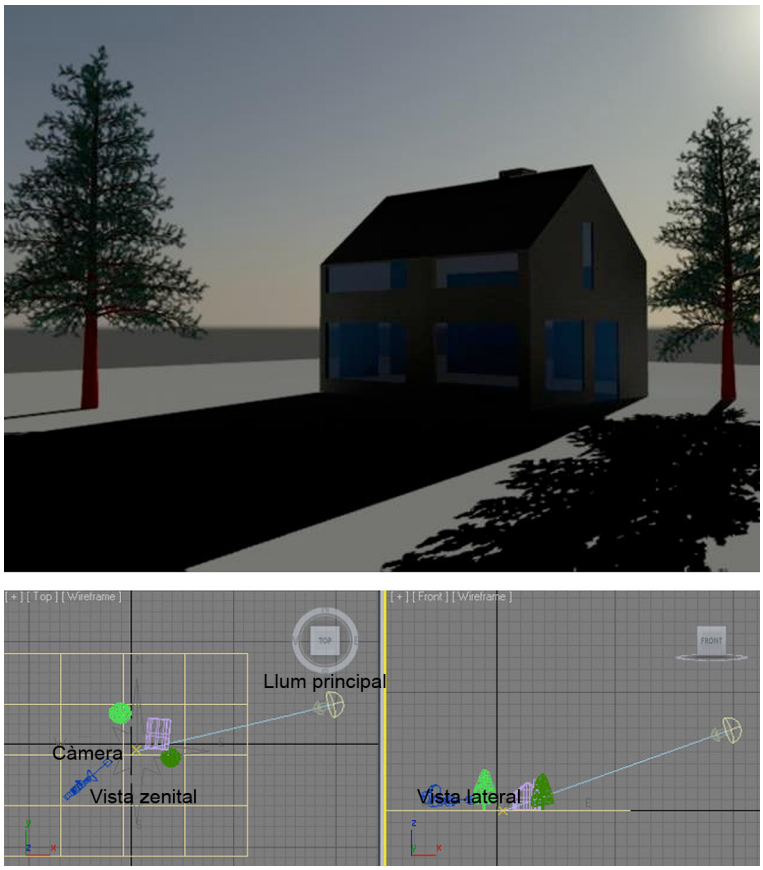
Finalment, quan estiguem treballant amb una seqüència en moviment, hem de tenir en compte que la configuració d'il·luminació també ha de funcionar i hem de provar-la fent el recorregut de l'animació amb una restricció de posició de més o menys 90º graus de gir, per a veure que realment funciona.



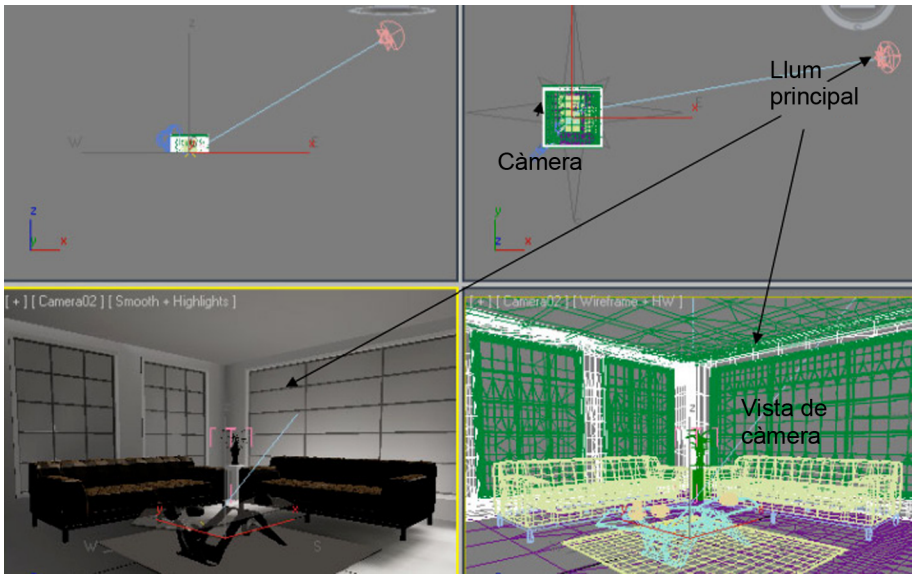
L'objecte es mou al llarg de la direcció de la fletxa i la il·luminació ha de seguir-lo podent tenir un gir de 90°.

La distància a què hem de posar la llum en un costat de l'objecte dependrà del punt d'origen que intentem mimetitzar, i ens hem d'assegurar que si la movem massa lluny cap a un costat poden aparèixer ombres que distreguin l'espectador.

Si treballem en una escena exterior, llavors el temps i l'estació poden dictar la posició de la llum principal. Amb una llum càlida col·locada baixa, formarà unes ombres llargues i el resultat serà una escena que podria ser a trenc d'alba o cap al tard.



La llum principal no sempre es localitza davant del subjecte; encara que el seu rol sigui la representació de l'origen de llum dominant en l'escena, pot ser darrere de l'objecte o al seu costat, si l'escena consisteix, per exemple, a il·luminar des de fora d'una finestra cap a dins.



Aquest tipus d'escenari podria presentar un tipus de silueta dramàtica del subjecte/objecte davant la càmera. Quan això passa, es diu que la llum està aquesta sobrepresentada, o massa saturada, i les ombres es marquen massa. La sobreexposició d'aquestes ombres es pot reduir incrementant l'ús dels llums de farciment. La ràtio d'intensitat de la llum principal respecte a les llums de farciment ens establirà l'atmosfera de l'escena, tal com veurem en el punt següent.

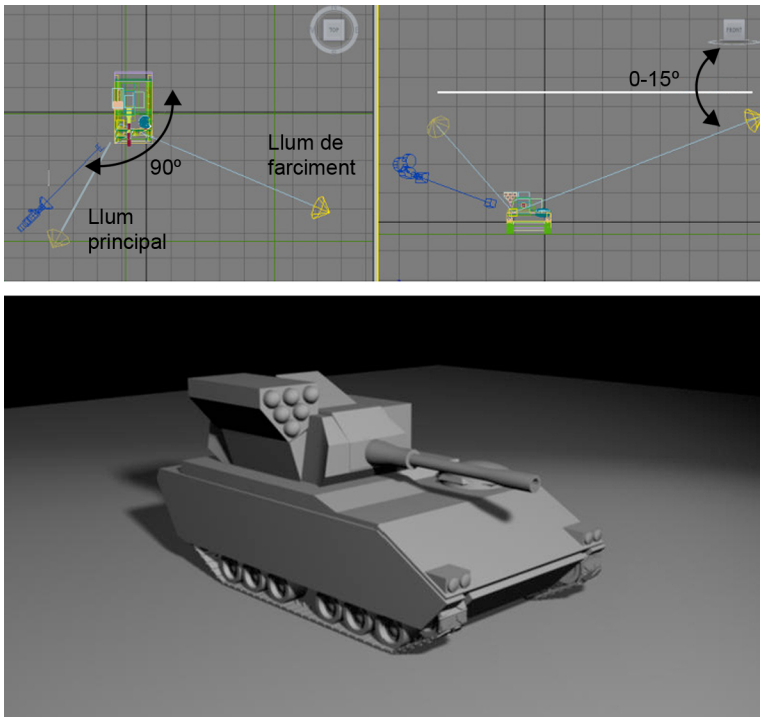
1.1.2. Llum de farciment

Aquesta llum està localitzada en el costat oposat del subjecte des de la llum principal.

En el cinema, normalment els llums de farciment es col·loquen al nivell dels ulls, per a no haver de crear ombres en la cara dels personatges.

Tanmateix, en el món 3D la llum de farciment primària normalment està col·locada una mica més alta que el nivell dels ulls; a més, poder desactivar la generació d'ombres ens permet il·luminar correctament l'objecte des de dalt i no des de baix, la qual cosa ens produiria un efecte en la il·luminació d'un personatge amb sensació de cara enfonsada.

Per a la seva col·locació se suggereix ubicar la llum en perpendicular a la llum principal i formar un angle de 90º, i entre uns 0º i 15º per sobre o per sota d'aquesta.



D'aquesta manera, aconseguim que la llum principal i la de farciment se superposin i ens assegurem que no apareix cap pegat o taca en el patró d'il·luminació.

Tant en cinematografia com en gràfics per ordinador, el rol de la llum de farciment primària involucra aspectes diferents:

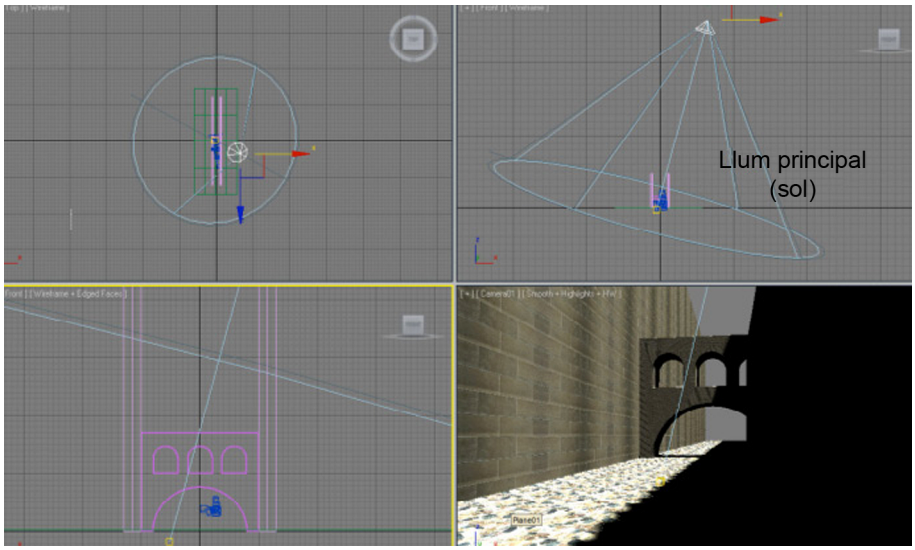
- El primer és obrir o suavitzar les ombres de la llum principal.

- El segon és proveir d'una il·luminació subtil les zones de l'objecte que són en ombra per la llum principal.

En el cinema, s'utilitzen plafons perquè la llum reboti en les superfícies dels objectes i s'il·luminin. En els gràfics per ordinador, les llums de farciment representen aquest paper de llum rebotada, llevat que utilitzem tècniques d'il·luminació global, en la qual es calcula automàticament.

Òbviament, amb una llum de farciment no podem il·luminar tota la llum secundària rebotada que es produeix en l'escena, sobretot a escenes grans; per això és normal tenir dotzenes de llums de farciment que ens ajuden a donar aquest toc a l'escena.

Fixem-nos en l'exemple: volem il·luminar aquesta escena en la qual tenim el que podria ser un pont d'un castell; l'escena només està il·luminada amb una llum que representa el sol.



La renderització obtinguda amb aquesta configuració ens permet veure que no tenim llum ambiental rebotada i una part de l'escena ens queda molt fosca, per la qual cosa és necessari afegir llums de farciment per a millorar la il·luminació.

El primer que farem serà estudiar l'escena i veure què ens fa falta.

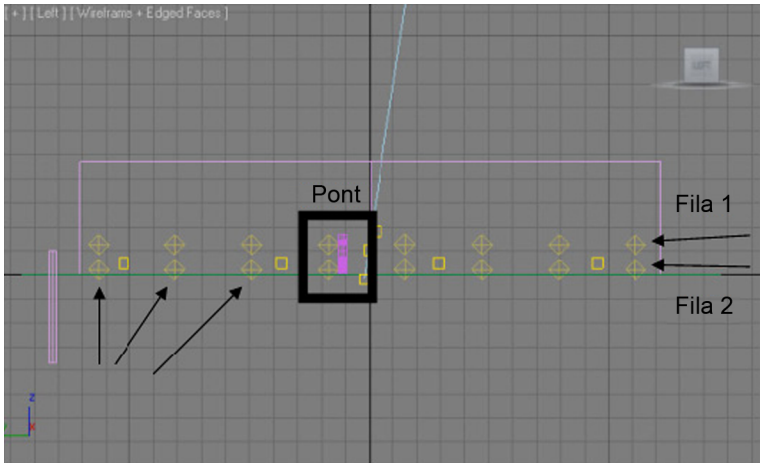
Les fonts de llum principals són:

- **El sol**: és una llum paral·lela de color groguenc que ja tenim en l'escena.

- **La llum rebotada del sol i del cel**: és el resultat principalment de la llum del sol rebotant en la geometria (encara que el cel també produeix llum de rebot en totes direccions).

- **La llum del cel**: és llum blava que envolta tota l'escena.

Per a simular la llum rebotada, el que farem serà posar dues files de llums a dues altures al llarg del passadís. La primera línia de llum està col·locada prop de terra, i la segona "línia" aproximadament al centre de l'altura màxima de l'escena. Aquestes "línies" de llum omplen la zona suaument i amb una llum bastant uniforme.



Vista lateral

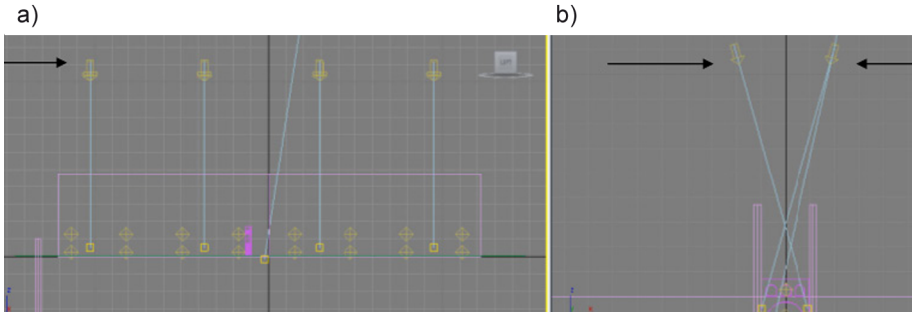
La configuració d'aquestes llums és:

Llum omni, multiplicador a 0,1, color RGB 151, 168, 184, ombres activades **Shadow Map - Size 128**, **Samples 8** (això fa que les ombres surtin molt desenfocades).

Vegem la renderització havent afegit només aquests llums de farciment.

Podem veure que la il·luminació millora bastant, ja no hi ha objectes en ombra, i l'escena sencera ha adquirit una atmosfera més real, tot i que les parets encara queden una mica fosques, per la qual cosa necessitem simular la llum rebotada que ve del cel.

Per a això col·locarem set còpies d'una llum direccional que apuntin des de dalt a les parets i a terra, la qual cosa dóna un total de vuit llums.



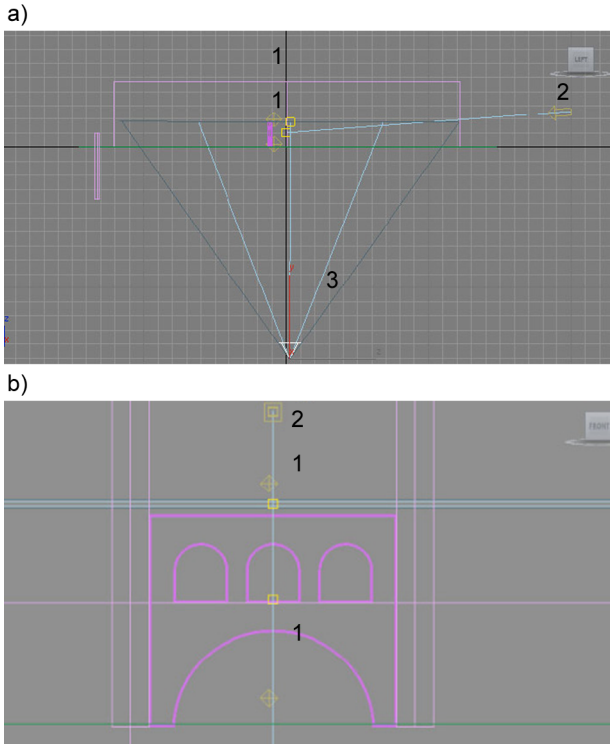
a) Vista lateral. b) Vista frontal.

La configuració d'aquestes llums és la següent:

Llums direccionals, multiplicador (0,1), color RGB (125, 146, 169), ombres activades (***Shadow Maps***) - ***Size*** 128, ***Samples***: 10, paràmetres del con (***HotSpof***: 200, ***Fallof***: 400 - Rectangulo).

Podem veure que, encara que els detalls són molt subtils, la zona en ombra de la paret i el terra queda amb una il·luminació més alçada, i s'adequa més a una atmosfera real. D'altra banda, el pont encara ens queda una mica fosc, sobretot la part inferior, per la qual cosa afegirem dues llums omni més davant del pont a l'altura del terra i a l'altura màxima de pont (1); amb això farem ressaltar la il·luminació de sota del pont i els seus contorns.

A més afegirem una altra llum direccional (2) des del punt de vista de la càmera per guanyar una mica d'il·luminació general en el pont, ja que en comparació amb les parets queda una mica fosc, i finalment una llum *spot* sense ombres (3) des de baix, la qual cosa ens afegirà una mica més de claredat per la part de sota del pont.



a) Vista lateral. b) Vista frontal.

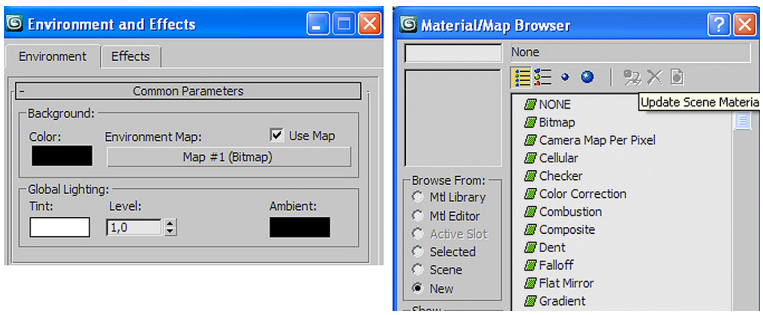
La configuració de les llums és la següent:

1) Llums omni, multiplicador: 0,38, color RGB: 151, 168, 184, ombres activades: **Shadow Maps - Size 128**, **Samples: 8**.

2) Llum direccional, multiplicador: 0,2, color RGB: 125, 146, 189, ombres activades: **Shadow Maps - Size 128**, **Samples: 10**.

3) Llums *spot*, multiplicador: 0,2, color RGB: 125, 146,1 89, ombres desactivades.

Finalment afegim una imatge d'un cel en l'entorn, perquè doni una sensació més realista.



I obtenim la imatge següent.

1.1.3. Llum posterior

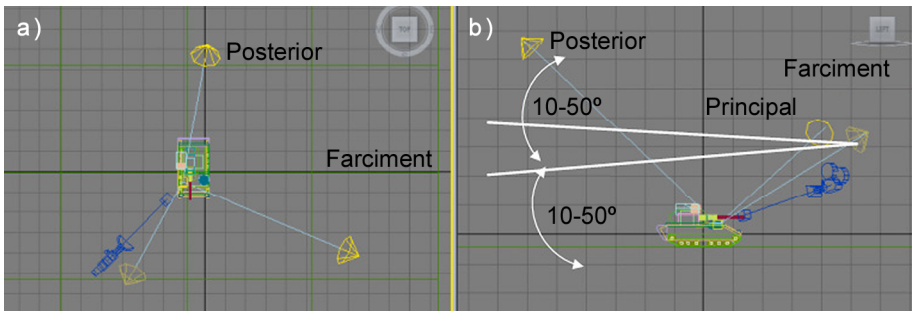
L'habilitat de la llum posterior de separar els objectes del fons fa que sigui més important en 3D que en el món del cinema, on s'utilitza molt menys des que les pel·lícules van deixar de ser en blanc i negre.

Treballar sense color incrementa la necessitat de separar els elements del fons amb tons similars. Encara que de vegades aquesta tècnica s'utilitza en 3D, quan la sensació de profunditat és una consideració important, no sempre és necessària, ja que amb el color ja s'obté una separació visual suficient.

En fotografia i cinema, la llum posterior generalment es col·loca directament a darrere i a sobre del subjecte i es crea un angle d'uns 45º.

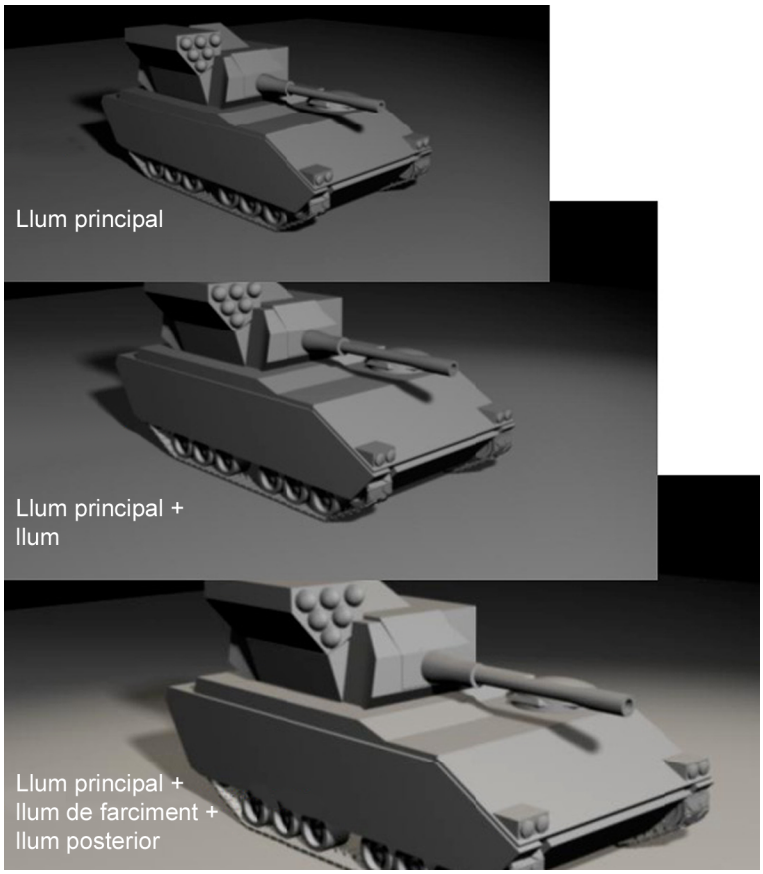
Com més gran sigui l'angle d'il·luminació pitjor serà l'efecte, ja que pot produir brillantors al front i el nas del subjecte, mentre que amb un angle més petit correm el risc que apareguin llampades de llum (*lens flares*).

Tanmateix, en 3D, els llums posteriors tendeixen a trobar-se al fons de l'escena en posició oposada a la càmera en algun lloc entre 10º i 50º graus, per sobre o per sota de la càmera.



a) Vista zenital. b) Vista lateral.

Recordem com s'ha anat il·luminant, afegint els components de llum:

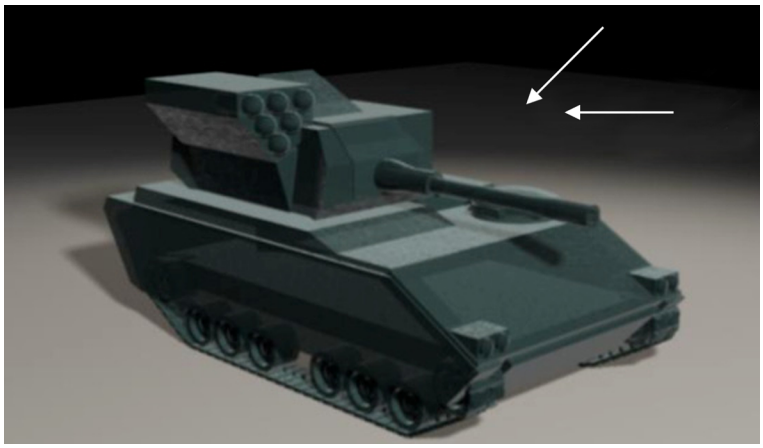


El problema principal que tenim amb la llum posterior és que actualment és difícil de simular perquè en el món virtual no hi ha l'objecte orgànic, que està definit per la seva pell, els seus cabells, la seva brutícia, les seves fibres, etc., que existeixen en el món real, i en el qual, quan il·luminem amb aquest tipus de llum, apareix en l'objecte com un efecte subtil de resplendor (*glow*) al seu voltant, a causa del fet que la llum és una mica difusa.

En 3D, en no tenir aquesta capa de manipulació no podem obtenir aquest efecte, per la qual cosa, si intentem il·luminar un objecte per darrere, no serà tan efectiu com necessitaríem.

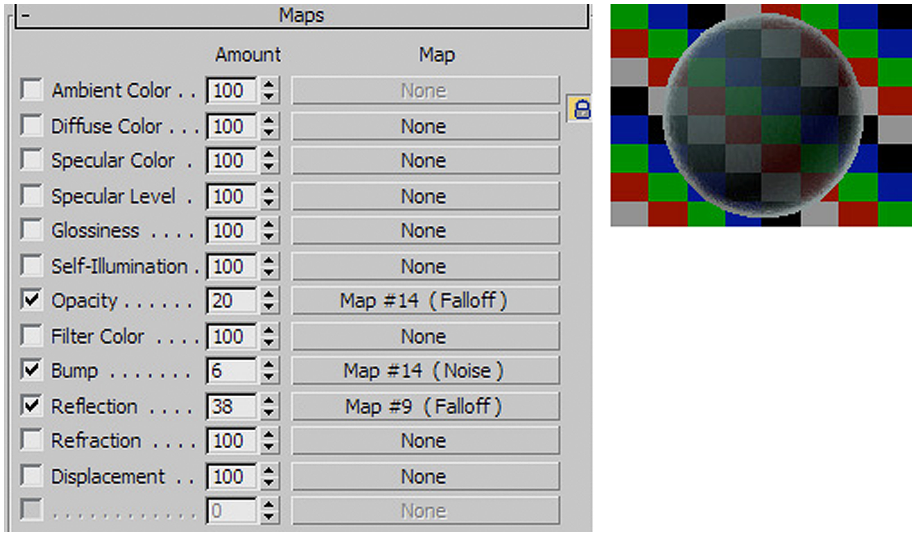
Encara que no és la prioritat d'aquesta lectura, hi ha alguns materials (*shaders*) que ens poden ajudar a donar aquest efecte de resplendor al voltant de l'objecte, per la qual cosa és important experimentar-hi per a obtenir un bon resultat.

Vegem un exemple. Utilitzem la mateixa escena anterior, però simplement afegim un material a l'objecte. Podem veure que els contorns tenen una mena d'efecte subtil d'aura de llum.



Renderització amb il·luminació en tres punts i material amb ***shader Fallof*** aplicat

El material que hem utilitzat en l'escena és el ***shader Fallof***, que, assignat als canals d'opacitat i reflexió, ens permet fer que els contorns de l'objecte respecte de la càmera siguin una mica transparents i així filtrar una mica més de llum, a fi d'obtenir una espècie de resplendor al voltant de l'objecte que fa que ressalti del fons.



Configuració del material utilitzat en l'escena

1.1.4. Relació llum principal - llum de farciment

La relació entre la llum principal i la llum de farciment és molt important, ja que es refereix al contrast de l'esquema d'il·luminació, el qual té bastant efecte en l'atmosfera del *render*.

Una ràtio baixa té molta llum de farciment, per la qual cosa en termes de llum s'obté menys contrast i una il·luminació més alegre.

Una ràtio alta té poca llum de farciment, amb la qual cosa obtenim unes imatges més fosques i contrastades.

Ràtio sota llum principal - llum de farciment

Les ràtios entre 2:1 i 4:1 estan classificades com a ràtios baixes, produeixen *renders* amb il·luminacions fortes i amb poc contrast en l'escena. La brillantor resultant i la manera en què les ombres estan repartides evoquen una sensació d'"alegria" a l'escena.

Aquesta ràtio es modela en el programari 3D amb el paràmetre del multiplicador.

Per exemple: una ràtio 2:1 seria una llum principal amb multiplicador a 1 i una llum de farciment a 0,5. La ràtio 4:1 seria la llum principal a 1 i la de farciment a 0,25, etc.

Ràtio 2:1 amb il·luminació de tres punts de llum principal 1, llums de farciment 0,5

Normalment, les escenes interiors produeixen més ràtios baixes que les escenes exteriors. Aquí la potència de les llums, per a reflectir-se en les superfícies i parets, és molt alta.

En el tipus d'interiors, on la llum acoloreix les superfícies, rebota suficient llum en l'escena per a produir una ràtio baixa. Al final pot ser que acabem tenint una ràtio gairebé de 1:1, i en aquest punt és quan la llum principal es comença a igualar amb els llums de farciment, amb el resultat que correm el perill que l'escena quedi plana i uniforme i es perdi tota la sensació de volum que volem.

Ràtio alta llum principal - llum de farciment

Quan la nostra ràtio s'aproxima a 10:1 o més, la nostra il·luminació té una ràtio alta amb el resultat d'unes ombres molt negres que contrasten fortament amb les àrees il·luminades. Per a fer-nos una idea de la falta de llum reflectida, aquest tipus d'il·luminació es produeix normalment a la nit en el món real, on no hi ha llum de farciment que ve des del cel, la qual cosa explica el caràcter dramàtic de l'escena que es crea.

Vegem la mateixa escena anterior amb una ràtio 10:1.

Ràtio 10:1 amb il·luminació de tres punts de llum principal 1, llums de farciment 0,1

La clau per a usar aquest tipus de ràtio de manera correcta rau a regular acuradament la nostra llum per a il·luminar els detalls importants correctament, a més d'usar tot el rang tonal de què disposem per a tenir una bona il·luminació per a les àrees fosques de la imatge.

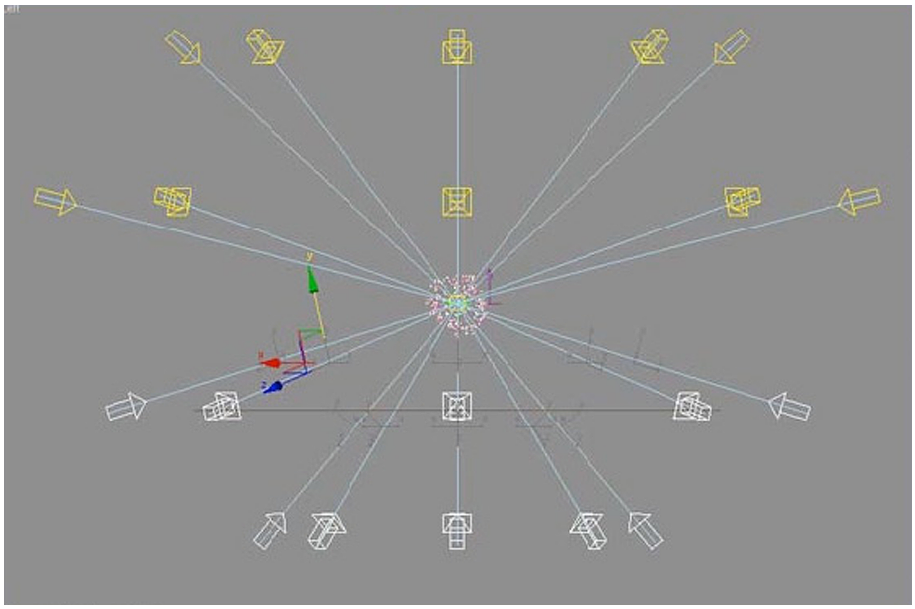
El sol fet que una escena estigui en condicions fosques, no vol dir que aquestes àrees hagin de quedar amagades, no hem de tenir por que el públic es perdi alguns detalls.

Les ràtios altes normalment s'utilitzen en escenes nocturnes, en què la llum principal és representada per la lluna o alguna llum artificial. Estèticament, aquest *look* es va començar a usar cap als anys quaranta i encara ara s'usa en pel·lícules de terror per a construir l'escena de suspens.

1.2. Il·luminació en *array*

Quan una llum necessita embolicar un objecte, una sola llum normalment no és suficient, ja que sempre queda alguna zona en ombra. I és aquí quan els ***arrays* de llum** són útils.

Els ***arrays*** són simples grusps de llums, que representen una llum d'àrea (que hem vist en l'apartat anterior). Els ***arrays*** poden representar una llum d'àrea, una cúpula de llum semblant a la il·luminació del cel i en què qualsevol part en la qual es fixa la llum és massa gran, per la qual cosa es requereix més d'una llum.

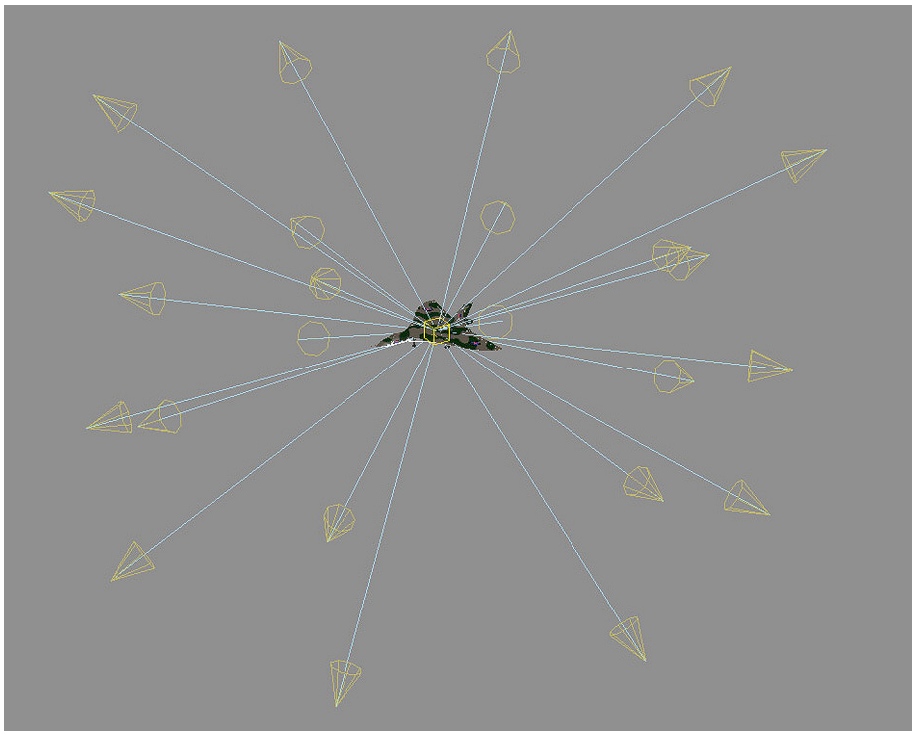


Els ***arrays*** de llum estan pensades com a alternativa a les llums d'àrea, així podem obviar haver de canviar el motor de renderització a ***Mental Ray***.

El problema amb les llums d'àrea és que són una mica més difícils de controlar. El color de la llum d'àrea no és tan controlable com el de la llum individual, per no esmentar la càrrega computacional que comporta utilitzar aquest tipus de llums.

Quan utilitzem llums d'àrea, normalment no sabem quantes llums individuals estan il·luminant un objecte de l'escena; per aquest motiu en alguns moments ens anirà molt bé conèixer aquest tipus de tècnica en la qual s'utilitzen els ***arrays*** de llums, la qual cosa ens permet més control i flexibilitat i un temps de càlcul més reduït.

Vegem un exemple d'utilització d'aquest tipus de tècnica. Il·luminarem un avió que vola pel cel i per a això crearem un ***array*** de llums *spot* que apuntin directament l'avió.



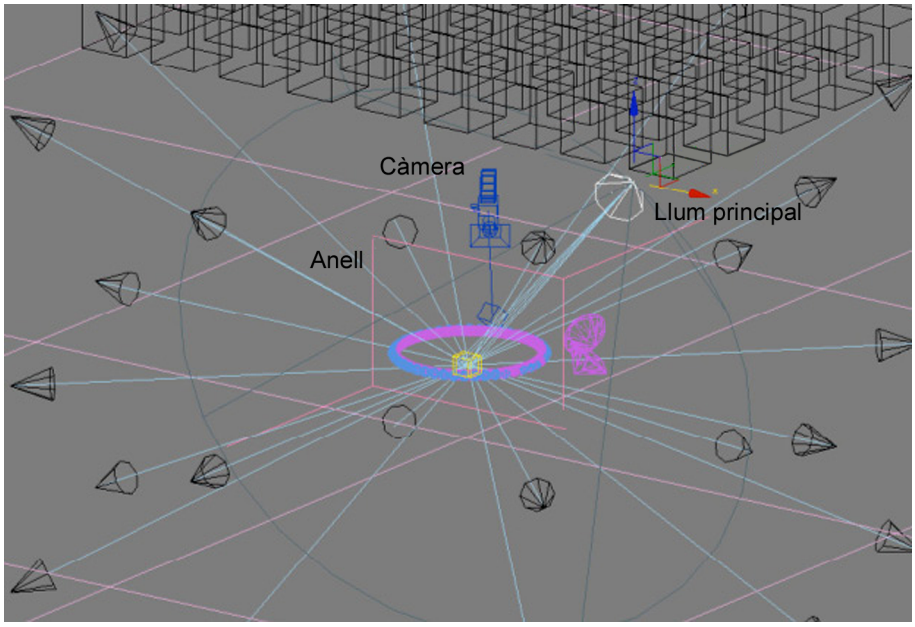
Vegem com queda la il·luminació sense l'***array*** i amb l'***array***.

a) Sense ***array***. b) Amb ***array***.

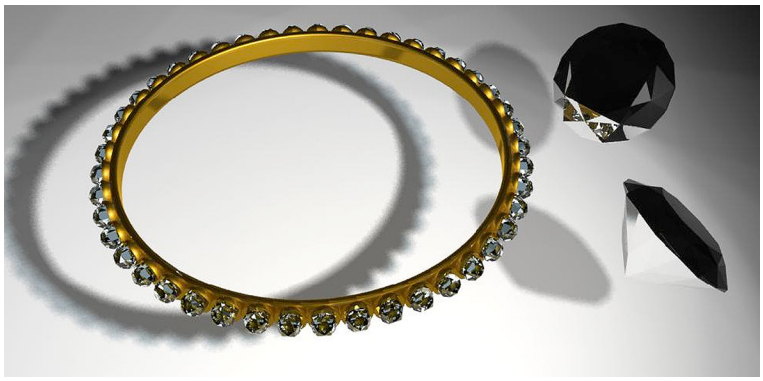
Hi ha molts efectes que podem crear gràcies als ***arrays*** construïts en formes diferents: en anell, caixa, tub, etc. Segons els colors que donem als seus llums individuals la il·luminació variarà i, a més, podem especificar quins tindran les ombres activades i quins no.

Aquesta tècnica treballa fantàsticament bé com a llums de farciment i produeix alteracions subtils en el color i la intensitat al voltant de l'objecte, la llum primària del qual generalment és una llum fora de l'***array***.

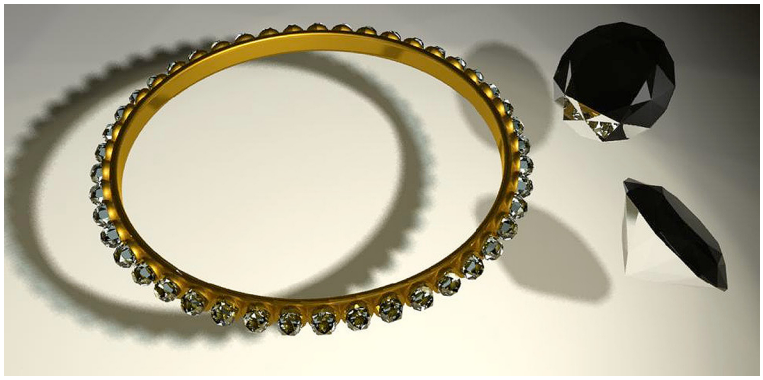
Fixem-nos en l'exemple: tenim un anell i dos diamants en una escena típica en la qual hem d'il·luminar el producte. Utilitzem una llum directa de tipus *spot* per a il·luminar l'escena, amb color blanc, amb un multiplicador d'aproximadament 0,7 i el con bastant obert perquè tota la composició quedi il·luminada. I per a les llums de farciment, utilitzem un ***array*** en l'anell, ja que és l'objecte principal de la composició, amb multiplicador a 0,05 i diferents colors per a veure resultats diferents.



Anell sense ***array***



Anell amb ***array*** de llums de color blanc



Anell amb ***array*** de llums de color ataronjat

Això no significa que sigui un mètode infal·lible i que no hàgim d'afegir llum de farciment extra. Sempre ens hem de qüestionar si són necessàries més llums per a emfatitzar la naturalesa 3D de l'objecte que il·luminem.

1.3. HDRI

HDRI o imatges d'alt rang dinàmic és un format d'imatge amb unes característiques especials que el fan molt útil a l'hora d'il·luminar una escena.

El rang dinàmic d'una imatge es podria considerar com el marge que hi ha entre les parts clares i les parts fosques d'una imatge.

Una fotografia amb punts d'il·luminació brillants i ombres molt fosques seria un exemple d'una imatge amb un rang dinàmic alt (HDRI); per contra, una imatge amb il·luminació neutra seria amb rang dinàmic baix.

Les imatges que normalment utilitzem per a treballar són limitades a 8 bits d'informació per a cada canal. Això significa que el canal vermell, el verd i el blau de cada píxel de la imatge estan representats per un valor enter de 0 a 255.

Per exemple el mateix valor blanc, 255, 255, 255 s'utilitza tant per a representar un núvol del cel com per a representar el sol brillant, per la qual cosa ens adonem que amb 8 bits no en tenim prou per a representar tot el rang de nivells que existeixen.

D'altra banda, les imatges HDR tenen desats tots els valors sense aquesta restricció de profunditat de nivells. Encara que en el monitor del PC només puguem veure els 8 bits que suporta, internament la imatge està desada en format de punt flotant, capaç de desar un milió d'increments diferents entre la part més fosca i la més clara de la imatge.

Gràcies a aquesta característica, les podem utilitzar per a simular entorns reals en un programari d'animació 3D en el qual el valor del píxel en HDR és directament proporcional a la luminància de l'objecte actual, per la qual cosa quan es calcula la il·luminació en el motor de renderització es poden apreciar les diferències entre les diverses il·luminacions amb el resultat consegüent d'unes imatges ultrarealistes.

Podrem obtenir les imatges HDR per mitjà de dos mètodes:

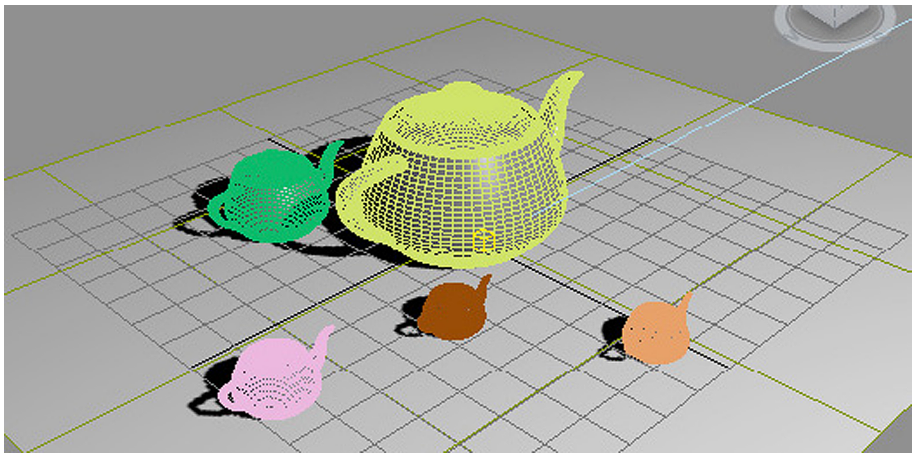
1) El primer utilitza un **algoritme d'il·luminació global**, que veurem més endavant, i posteriorment es desa la informació en un arxiu amb format HDR.

2) La segona manera **combina un nombre de preses d'una fotografia amb diferents paràmetres d'exposició**, per a obtenir diferents imatges amb tot el rang possible de llum, per a després ajuntar totes les preses en un únic fitxer amb algun dels programes disponibles, per exemple, en www.hdrshop.com hi ha aplicacions per a realitzar-lo. Aquest tipus de fotografies generalment es fa amb una esfera reflectora, centrada en l'escenari, amb la qual cosa es pot utilitzar com a mapa d'entorn.

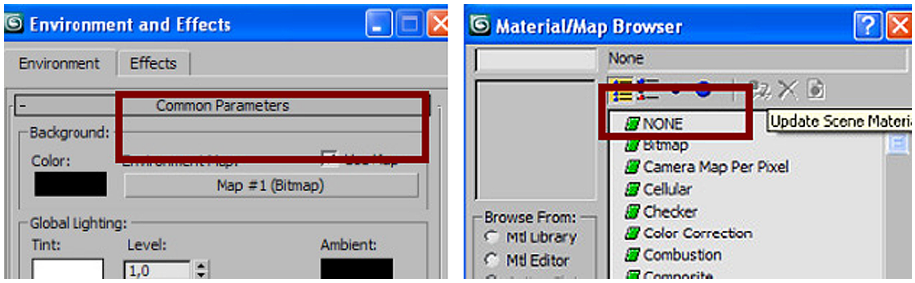
Vegem un exemple d'utilització d'aquesta tècnica aplicada a la recreació d'un entorn i la seva reflexió en els objectes que el componen.

Tenim una imatge en format HDR, la qual representa un entorn comú: un carrer amb les seves cases i la vorera, i la sortida del sol sobre el cel blau.

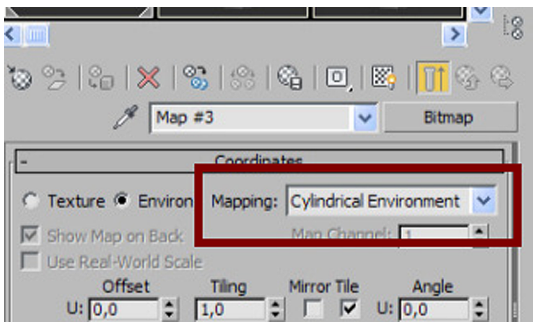
I un escenari amb unes simples teteres sobre un terra, que intentarem mimetitzar en l'entorn.



El primer que hem de fer és posar la imatge HDR com a fons d'entorn i seleccionar la càrrega d'un mapa de bits o *bitmap* (imatge) en la pestanya ***Environment***.

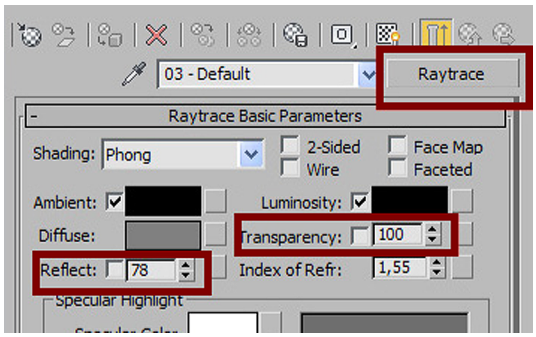


I posteriorment arrossegar aquest mapa o *map* (***map #1 bitmap***) a l'editor de materials, per a poder canviar el paràmetre de tipus d'entorn de ***Screen*** a ***Cilindrical Environment***.



En aquest moment, ja tenim l'entorn preparat perquè surti en el *render*, però ara hem de preparar els objectes de l'escena perquè recullin la il·luminació d'aquest entorn.

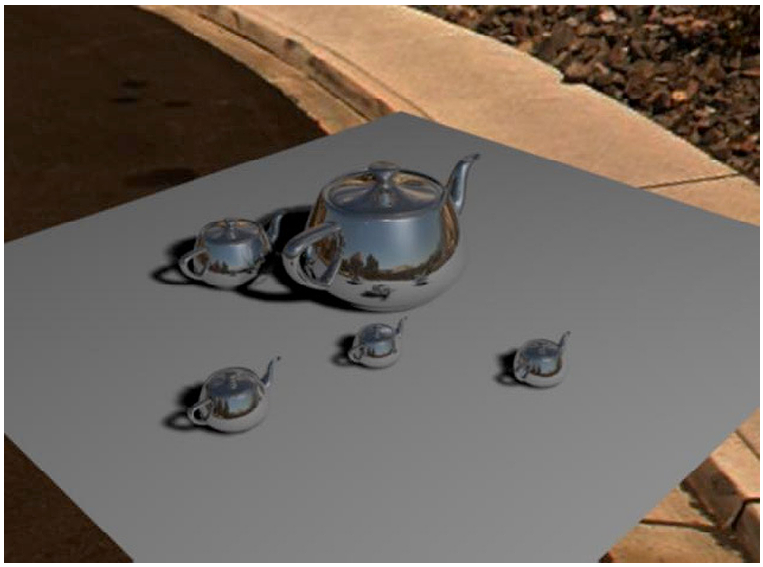
Per a això, creem un material nou de tipus ***raytrace***, variant els valors de transparència a 100 i reflexió entorn de 80, i l'assignem als objectes de l'escena.



Amb això obtenim una reflexió de l'entorn en els objectes de l'escena (i remarquem que els objectes són 3D i el fons és una imatge HDR).

Tot i que encara podem fer algunes millores_ Fixem-nos que no hi ha cap ombra en l'escena, per la qual cosa la composició no acaba de convèncer.

La solució seria molt fàcil, afegim una llum que il·lumini l'escena i que més o menys estigui en la posició de l'entorn, però, és clar, hem d'afegir un terra on es generi l'ombra. El problema és que si afegim un terra es crearan les ombres, però taparà la imatge.



El que necessitaríem seria un terra que només sortís en la renderització en què es genera l'ombra i que, on no hi ha ombra, no es renderitzés.

Per a resoldre aquest problema, tornem a utilitzar un altre material que justament té aquest comportament: ***Mate/Shadow***.

L'acció és senzilla, creem un material nou basat en ***Mate/Shadow***, l'assignem al terra i obtenim el resultat següent.

Obtenim una renderització en què es reflecteix l'entorn i es generen ombres integrades en aquest.

Al principi, aquesta tecnologia era molt lenta d'aplicar en els processos de producció pel gran cost de càlcul computacional. La primera vegada que es va fer servir va ser en la pel·lícula *X-men*.

Tanmateix, la tecnologia ha evolucionat molt i aquest tipus d'eines s'utilitza molt actualment. L'arribada d'un format nou denominat *OpenEXR*, basat en HDR i desenvolupat per Industrial Light & Magic, ha fet que aquest format

s'hagi popularitzat molt i tenim una prova d'això perquè podem veure aquesta tecnologia aplicada en moltes pel·lícules en què s'utilitzen bastant els efectes especials, com *Harry Potter*, *Men in Black*, *Senyals*, etc.

Actualment, gairebé tots els paquets d'animació (com 3dsMax) inclouen suport per a aquest nou format OpenEXR, gràcies al seu rang dinàmic alt, la seva resolució alta i la pèrdua mínima d'informació amb els algoritmes de compressió que incorpora.

2. Tècniques d'il·luminació avançades

En aquest apartat veurem com il·luminar espais exteriors i interiors amb poques llums, gràcies a l'ús de tècniques i algoritmes basats en **il·luminació global** (**GI**).

Hi ha certa confusió sobre el terme *il·luminació global*, ja que, tal com hem comentat anteriorment, es refereix a la manera en què un objecte està il·luminat per un component de llum directa més la llum rebotada de l'entorn proper.

En l'intent de reproduir imatges basades a obtenir una simulació fotomètrica físicament correcta, no ens sorprèn que s'hagi fet un ús intensiu d'aquestes tècniques en l'àrea de la visualització arquitectònica.

Per a entendre bé aquest tipus de tècniques, abans cal conèixer una sèrie de conceptes que s'utilitzen en els seus algoritmes de càlcul com poden ser:

- La distribució de la llum
- Traçat de rajos o *ray tracing*
- Radiositat
- Mapatge de fotons o *photon mapping*
- *Final gathering*

A continuació introduirem aquests coneixements mitjançant exemples pràctics d'il·luminació d'escenes exteriors i interiors amb la utilització d'aquests algoritmes en el programari 3D.

2.1. Distribució de la llum

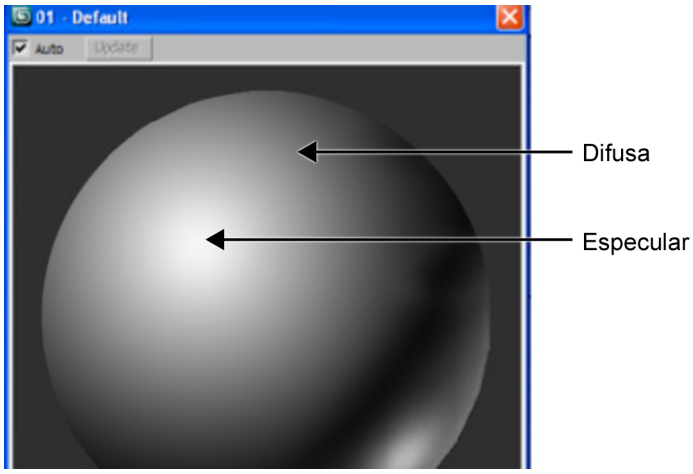
Imaginem una escena d'una habitació interior il·luminada pel sol a través d'una finestra. La llum és emesa per unes quantes partícules (fotons).

Aquests fotons viatgen des de l'origen fins que colpegen alguna superfície de l'escena segons l'angle d'incisió.

Segons el material de la superfície, alguns d'aquests fotons són absorbits i uns altres són tornats a l'escena, per la qual cosa la manera en què aquests fotons es reflecteixen des d'una superfície depèn de les característiques pròpies del material.

Les superfícies que són molt suaus reflecteixen els fotons en una direcció, en el mateix angle amb què arriben a la superfície (angle d'incidència). Aquestes superfícies són conegudes com a *superfícies especulars* i la seva reflexió, òbviament, és la **reflexió especular**.

Les superfícies aspres tendeixen a reflectir els fotons en totes les direccions. Aquestes reflexions són conegudes com a *reflexions difuses*.

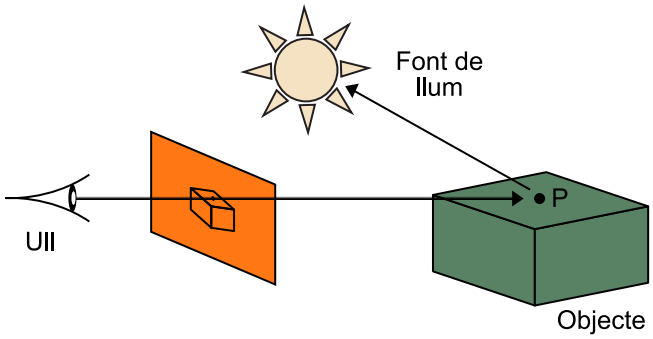


Un mirall és un exemple perfecte de superfície especular, mentre que una paret pintada (amb pintura mat) és un bon exemple de superfície difusa.

La il·luminació final d'una escena és determinada per la interacció entre les superfícies i els bilions de fotons que han arribat directament des de l'origen de llum (il·luminació directa) o indirectament des d'algun rebot d'una altra superfície (il·luminació indirecta).

2.2. Traçat de rajos

La tècnica de **traçat de rajos** o ***ray tracing*** va ser un dels primers algoritmes d'il·luminació global que es van desenvolupar. Aquest algoritme reconeix que, encara que s'haurien d'emetre bilions de fotons, només formem la imatge resultant amb els primers que arriben a l'ull.



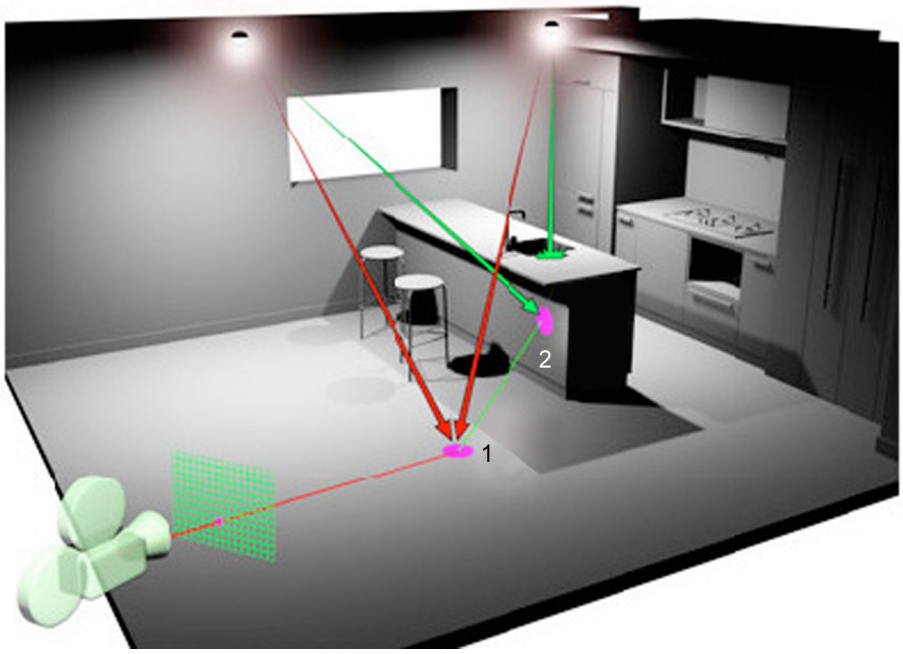
Estratègia de l'algoritme

L'algoritme treballa traçant rajos cap enrere, des de cada píxel de la pantalla dins de l'escena. D'aquesta manera, és més eficient, perquè així només es calcula la informació que ens fa falta per a construir la imatge. Per a crear una imatge d'aquesta manera, se segueix el procediment següent:

Per a cada píxel de la pantalla

- **Pas 1.** Es traça un raig cap enrere, des de la posició de l'ull, a través del píxel del monitor, fins que s'interseca amb una superfície. La reflexió de la superfície és coneguda gràcies a la descripció del material, però la quantitat de llum que reflecteix la superfície encara ens és desconeguda.

- **Pas 2.** Es traça un raig des d'aquest punt d'intersecció en la superfície a cada origen de llum en l'escena. Si el raig que va cap a la llum no està bloquejat per cap objecte, la contribució des d'aquest origen s'utilitza per a calcular el color de la superfície.

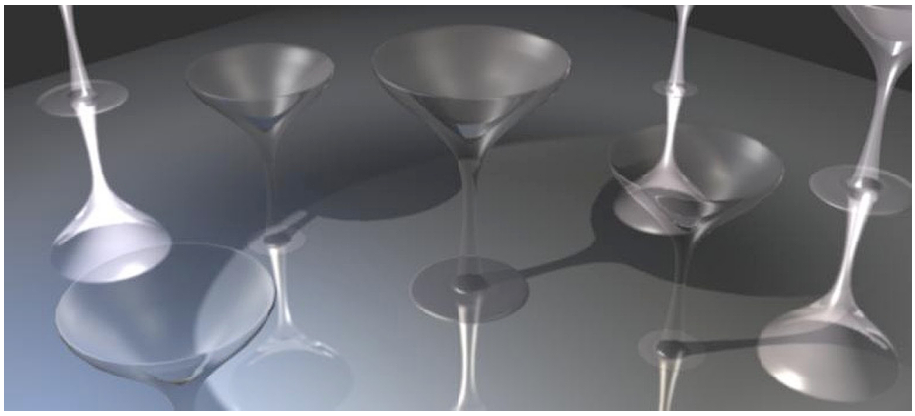


- **Pas 3.** Si la superfície d'intersecció és brillant o transparent, també necessitem determinar què veiem dins o a través de la superfície per processar. Es repeteixen els processos 1 i 2 en la direcció de reflex (i, en el cas de la transparència, es transmeten) fins que es troba una altra superfície. Es calcula el color en els punts d'intersecció subsegüents i s'ajunten en el punt original.

- **Pas 4.** Si la segona superfície també és reflectora o transparent, es repeteix el procés de **traçat de rajos** i continuem fins a un nombre màxim d'iteracions o fins que no es trobin més superfícies interseques.

Tot i que la tècnica de **traçat de rajos** s'hauria de considerar eficient perquè només es calcula la informació requerida per a generar la imatge, encara és relativament lenta per a escenes que siguin una mica complexes.

Aquesta tècnica és molt versàtil i pot modelar un rang ampli d'efectes d'il·luminació. Hi ha implementacions, tal com hem vist en els apartats anteriors, per a representar ombres amb gran eficàcia, reflexions especulars i refracció; aquesta és la raó per la qual podem utilitzar aquesta tècnica de manera individual en objectes que necessiten aquestes qualitats.



Tot i que la seva velocitat és un desavantatge, hi ha una característica encara més important d'il·luminació global amb què no comptem: reflexió entre superfícies difuses. La tècnica tradicional de **traçat de rajos** només ens permet prendre la llum que arriba directament dels punts de llum que hi ha en l'escena.

Tanmateix, tal com hem vist, no solament ens arriba la llum de les fonts de llum, sinó que també pot arribar la llum indirectament d'altres superfícies que cal tenir en compte a l'hora de recrear correctament la il·luminació d'una escena, com fan altres algoritmes que veurem a continuació.

2.3. Radiositat

Al començament dels anys seixanta, la investigació tèrmica va desenvolupar mètodes per a simular transferència de calor radiada entre superfícies. Prop de vint anys més tard, els investigadors de gràfics van començar a emprar aquestes tècniques per a modelar la propagació de la llum i actualment s'ha arribat al que coneixem com a **radiositat**.

Aquesta tècnica es diferencia de la tècnica de **traçat de rajos** en el fet que fonamentalment calcula la intensitat de totes les superfícies de l'entorn, en lloc de calcular només les que han estat traçades des de la pantalla.

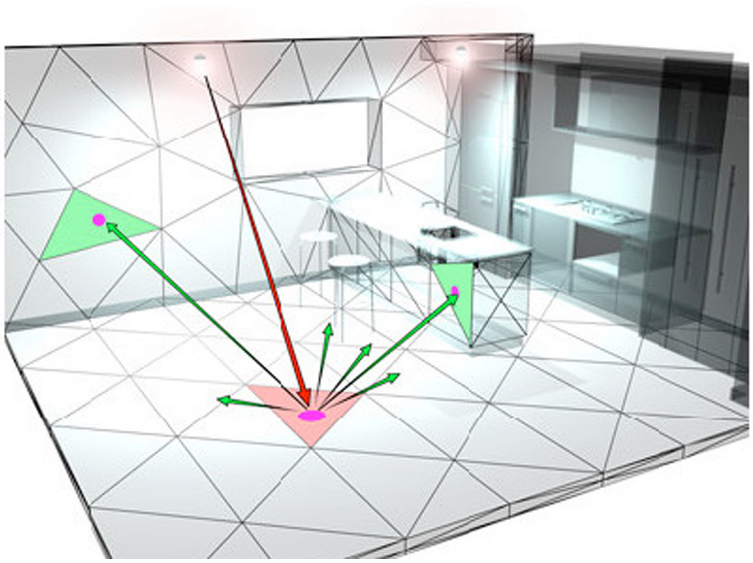
La idea en què es basa la tècnica de radiositat és la de buscar l'equilibri de l'energia que és emesa pels objectes emissors de llum i l'energia que és absorbida pels objectes en l'ambient.

Per a dur a terme aquest càlcul d'il·luminació és necessari considerar que quan la superfície d'un objecte que no emet llum per si mateix és il·luminada per un altre objecte, aquesta absorbeix una certa quantitat de l'energia, però en reflecteix una altra part, per la qual cosa es pot considerar com una emissora de llum per reflexió.

De tal manera que totes les superfícies en l'ambient són, d'una manera o d'una altra, emissores d'energia i, per tant, cada una afecta la il·luminació de les altres superfícies.

Es pot dir que, encara que la llum es reflecteix entre tots els objectes de l'escena, el càlcul que duu a terme no és sobre les propietats físiques reals, per la qual cosa la representació que obtenim normalment no és físicament real, sinó una interpretació respecte a un algoritme per a generar la il·luminació.

Per a calcular la il·luminació amb aquest algoritme, es divideix la superfície original en una malla de superfícies petites, a les quals ens referim com a *elements*, tal com veiem en la imatge que es presenta a continuació. L'algoritme de radiositat calcula la quantitat de llum distribuïda des del focus de llum a cada element i des de cada un d'aquests elements als diferents elements de la malla, en què el valor de radiositat final generat es desa com la suma de les aportacions per a cada element de la malla.



Aquesta tècnica ha evolucionat molt. L'any 1988 es va inventar una tècnica anomenada *refinament progressiu*, que mostrava els resultats de la radiositat de manera visual immediatament i podíem refinar progressivament el càlcul, per a obtenir una qualitat millor.

Una dècada després van inventar una tècnica anomenada *radiositat per relaxació estocàstica* (SRR), que construeix una sèrie de solucions possibles i intenta convergir-hi (aquesta tècnica és la base de l'algoritme de radiositat de 3dsmax).

Després de tots aquests avenços hem d'esmentar que, igual que el **traçat de rajos**, la radiositat no produeix tots els efectes d'il·luminació global i també té les seves pròpies arestes (per exemple, no podem crear càustiques). Tanmateix, tots dos es complementen i treballen bé. La radiositat és excel·lent per a renderitzar reflexions entre superfícies difuses, mentre que la tècnica de **traçat de rajos** és excel·lent per a calcular reflexions especulars.

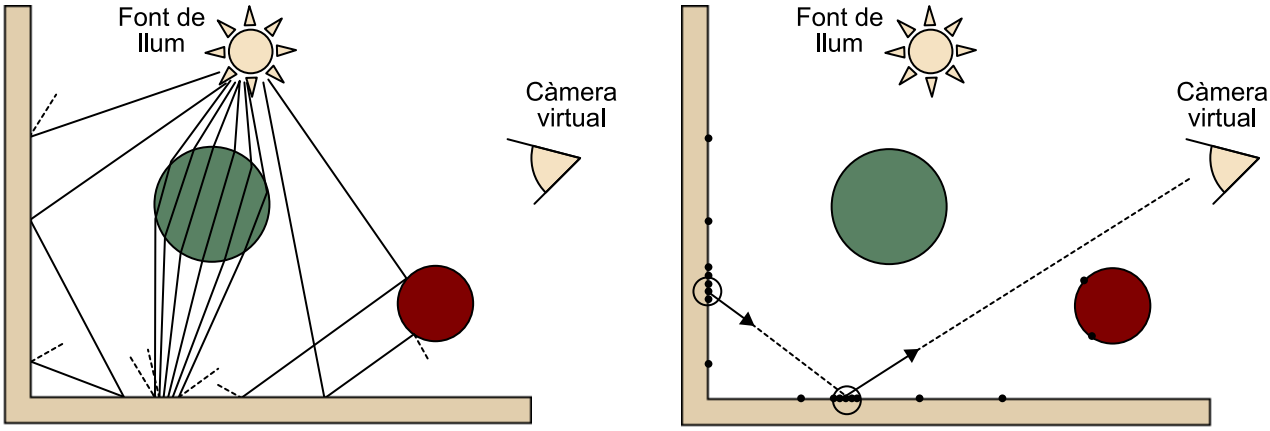
2.4. Mapatge de fotons o *photon mapping*

El **mapatge de fotons** és un algoritme d'il·luminació global en dos passos, desenvolupat per Herink Wann Jensen.

El seu desenvolupament està basat a desacoblar la representació de la il·luminació de la geometria de l'escena, seguint dos passos independents:

1) Primer es construeix l'estructura del mapa de fotons (traçat de fotons) des de les fonts de llum al model (imatge esquerra).

2) En una segona etapa de renderització s'utilitza la informació del mapa de fotons per a dur a terme la renderització de manera més eficient (imatge dreta).



Representació del mapa de fotons i el seu ús

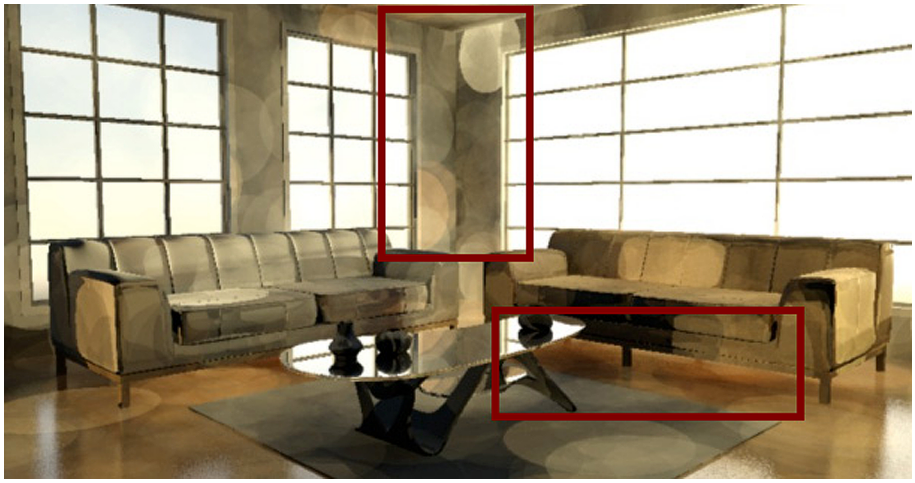
Quan s'emet un fotó, aquest és traçat a través de l'escena de la mateixa manera que es llancen els rajos en **traçat de rajos**, excepte pel fet que els fotons propaguen **flux** (conjunt de vectors sobre una superfície) en lloc de radiància.

Quan un fotó xoca amb un objecte pot ser reflectit, transmès o absorbit (segons les propietats del material i un factor aleatori dins del domini del material). En realitat, el mapa de fotons està format per dues estructures: una per a guardar els impactes de fotons a causa de les càustiques[1] i una altra per a representar la il·luminació global.

(1)Efectes de concentració de llum quan passen a través de lents, objectes de vidre, etc.

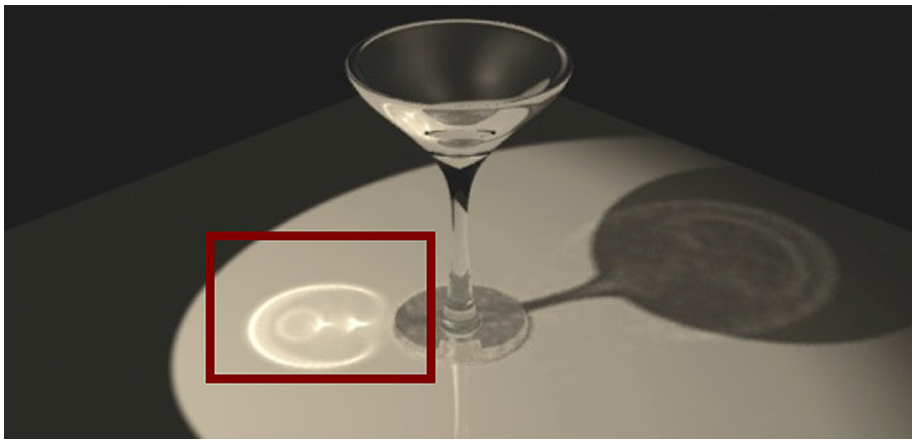
En la segona etapa es renderitza la imatge amb diverses mostres per píxel, emprant una tècnica denominada **traçat de camins** o ***path tracing***, en la qual primer es calcula de manera precisa la il·luminació directa de manera similar a com es va fer en **traçat de rajos**.

Finalment, la il·luminació indirecta es calcula emprant el mapa de fotons global. Gràcies a aquesta informació, el mètode convergeix abans en la solució correcta i se suavitza enormement el soroll que es generaria en el càlcul de la il·luminació per un altre tipus de mètodes.



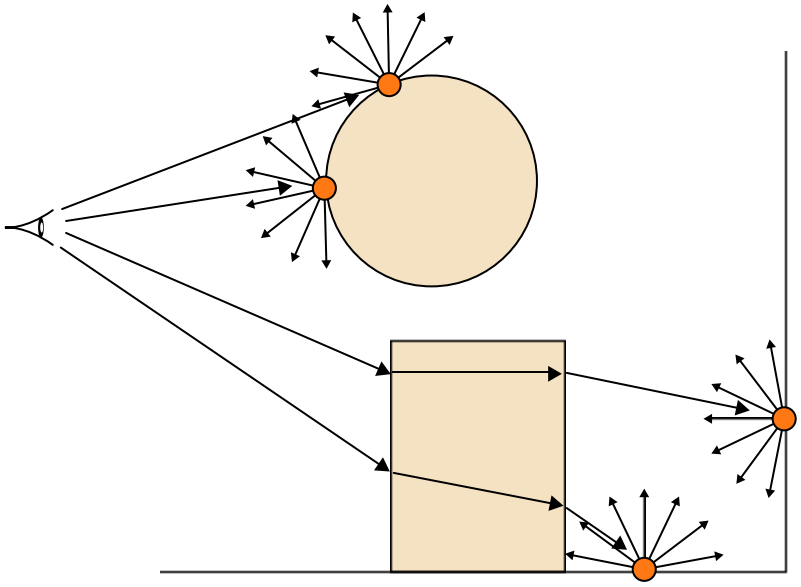
Renderització amb mapatge de fotons amb valors baixos per a veure la dispersió dels fotons a l'escena

En general, l'ús de mapes de fotons contribueix al **traçat de camins** en escenes d'il·luminació difícil (per exemple, interiors amb la font de llum que incideix des d'una finestra petita) o en la simulació de càustiques.



2.5. *Final gathering*

En la tècnica de ***final gathering*** els rajos es generen des de la superfície il·luminada cap a la font de llum. Al contrari que en la tècnica de **mapatge de fotons**, en la qual els rajos van des de la font de llum cap a l'objectiu per il·luminar.



La ***final gathering*** és una tècnica d'estimació d'il·luminació global en la qual, per a un punt determinat d'un objecte de l'escena, es calculen una sèrie de direccions dels vectors al llarg d'un hemisferi d'aquest punt (aquest conjunt de mostres es denomina ***final gather point***) o bé, si és massa costós calcular cada punt de cada objecte de l'escena, es fa una mitjana d'aquests punts.

Sense utilitzar la ***final gathering***, la il·luminació global en una superfície es calcularia estimant la densitat de fotons prop del punt per il·luminar. Afegint ***final gathering***, es generen nous rajos que són enviats per a generar l'hemisferi sobre el qual es determinarà la il·luminació del punt.

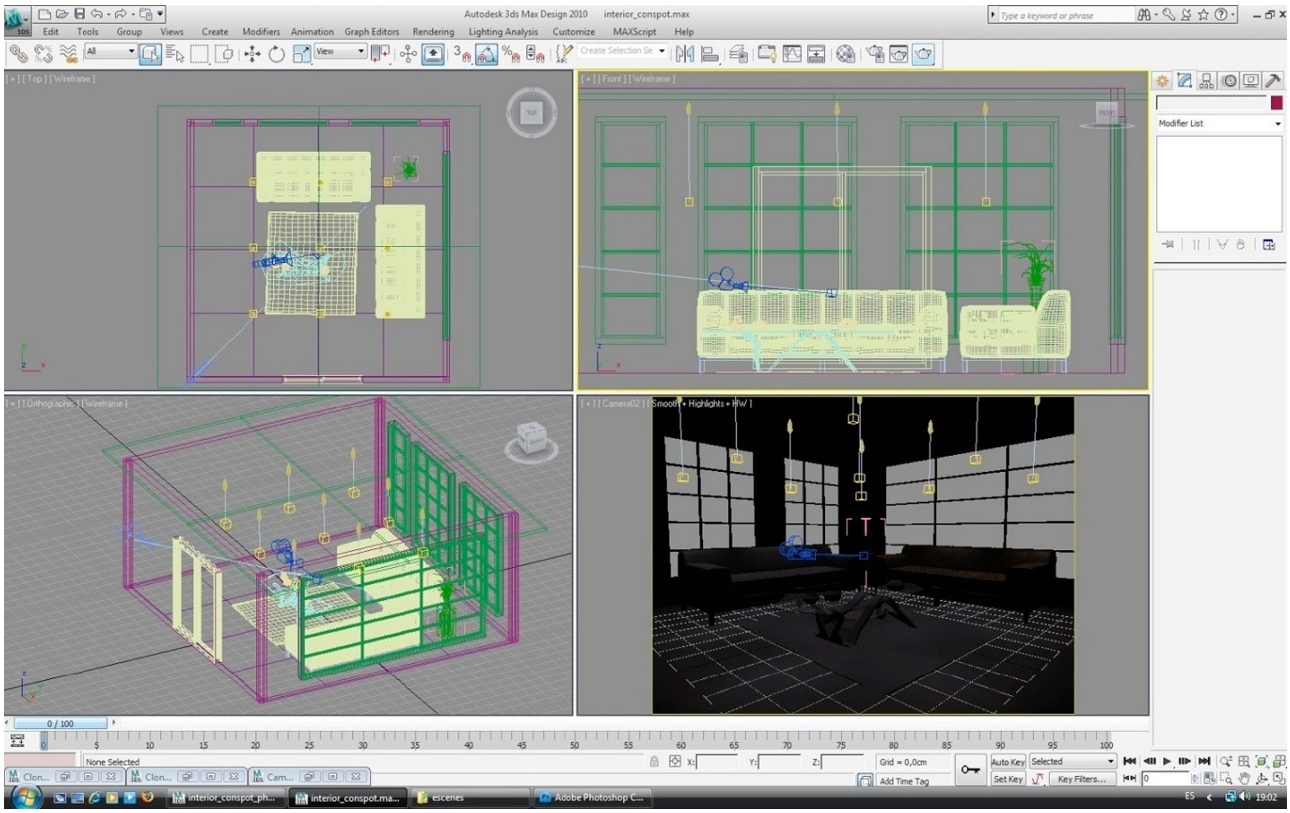
Normalment aquesta tècnica s'utilitza en escenes amb poca variació de la il·luminació indirecta (per exemple, interiors). A més, elimina efectes no desitjats que de vegades apareixen amb un altre tipus de tècniques (com cantonades molt fosques o soroll de baixa freqüència en la imatge).

3. Il·luminació interior

Hi ha diversos mètodes per a il·luminar interiors; un d'ells és la radiositat, la qual ja hem vist en l'apartat anterior. Ens adonem que mentre que aquesta tècnica produeix unes imatges fantàstiques, els temps de renderització no són tan fantàstics, a més del fet que, a part, també s'ha de calcular la solució de radiositat de l'escena. Tanmateix, aquesta tècnica és fàcil de configurar i produeix una il·luminació molt eficaç, la qual cosa és de valor incalculable quan es treballa en el món del disseny arquitectònic.

Vegem un exemple de la utilització de la radiositat.

Partim d'una escena interior típica, amb dos sofàs, una tauleta amb objectes de decoració i dos grans finestrals pels quals colarà la llum.

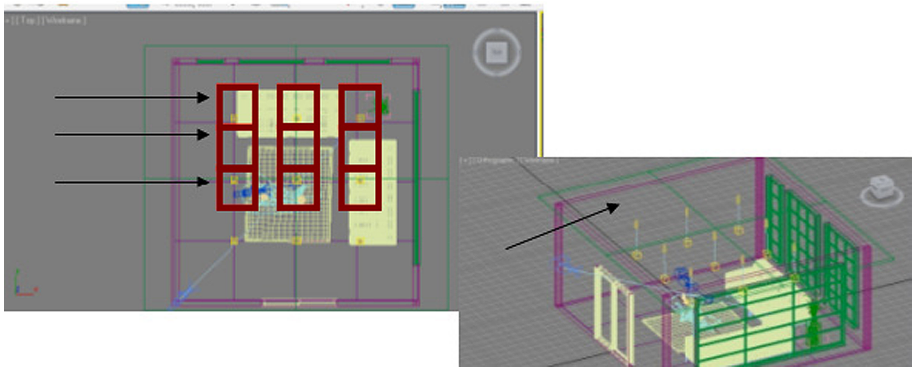


Com que el motor de renderització ***Scanline*** suporta radiositat, utilitzarem aquest en lloc de ***Mental Ray***.

L'escena és senzilla, simplement afegim nou llums fotomètrics (en tres files de tres) al sostre per a simular els típics halògens d'una sala d'estar, la qual cosa ens donarà una il·luminació realista a l'habitació.

Vegeu també

Més endavant veurem un exemple d'il·luminació utilitzant ***Mental Ray*** amb **mapatge de fotons** + ***final gathering***.



La configuració dels llums és la següent:

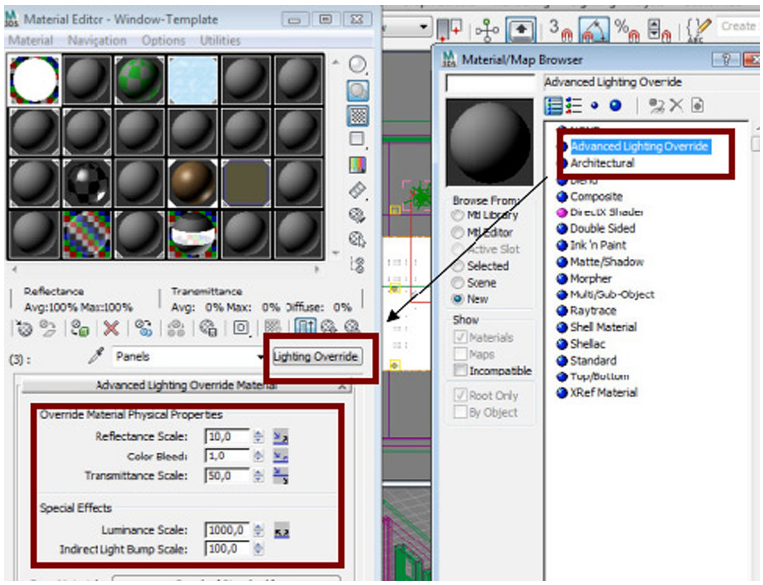
> Llums de tipus ***target light***, amb les ombres activades de tipus ***shadow map***; per al tipus de distribució de la llum hem utilitzat un patró que hem descarregat d'Internet, que ens dóna una distribució tipus, d'un halogen de 75 W i per al color seleccionem l'opció ***D65 Illuminant***, amb la qual cosa obtenim un color blanc. En l'apartat de configuració de les ombres (***Shadow Map params***) amb una mida (***size***) de 512 serà suficient per a obtenir uns bons resultats.

A més, per a recrear la llum que entra de l'exterior podríem crear un focus molt potent que il·lumini des de fora amb un sistema de tipus ***daylight***, tal com veurem en l'apartat següent, però per a aquest exemple introduirem un concepte diferent.

Hem dit que l'algoritme de radiositat calcula la quantitat de llum distribuïda des de cada element de l'escena, per la qual cosa seria interessant fer que un element emetés llum per si mateix. Per a aquest propòsit, existeix un material anomenat ***advanced lighting override material*** (material avançat de substitució d'il·luminació), amb el qual podem controlar la radiositat d'un objecte, per la qual cosa si assignem aquest material a un objecte podem fer que l'objecte "brilli" en l'entorn.

El que farem és assignar aquest material als vidres, ja que a través d'ells obtenim la llum de l'estança.

El procés és tan simple com seleccionar un material que no s'estigui utilitzant. Canvieu el material **estàndard** a ***advanced lighting override*** i arrossegueu-lo fins a l'objecte de l'escena, en aquest cas els vidres.

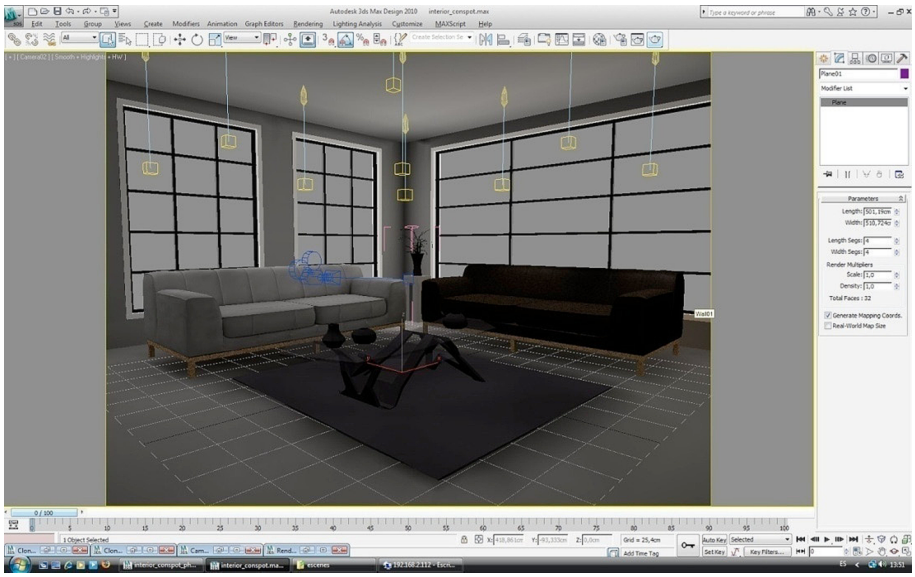


En la configuració del material variem l'escala de reflexió i de transmissió del material per a fer que reboti molt la llum que hi arriba; a més, també variem les escales de luminància i llum indirecta per a recrear l'efecte de resplendor que veurem en el *render*.

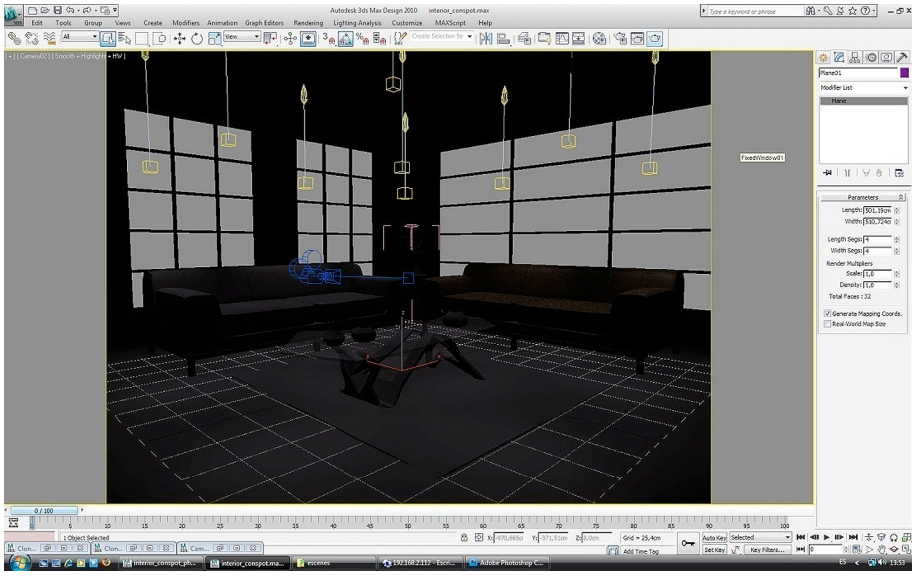
Si ara féssim la renderització sense calcular la radiositat obtindríem una imatge com la següent.

Podem apreciar que no hi ha llum indirecta en el càlcul de la imatge.

Tot seguit obrim l'opció de menú de radiositat (menú ***Rendering/Radiosity***), anem a la pestanya ***Advanced Lighting*** i calculem la solució de radiositat fent clic en el botó ***Start***. Una cop acabat, visualitzem la solució de radiositat en el visor, per la qual cosa ens és de molta ajuda abans de fer la renderització.



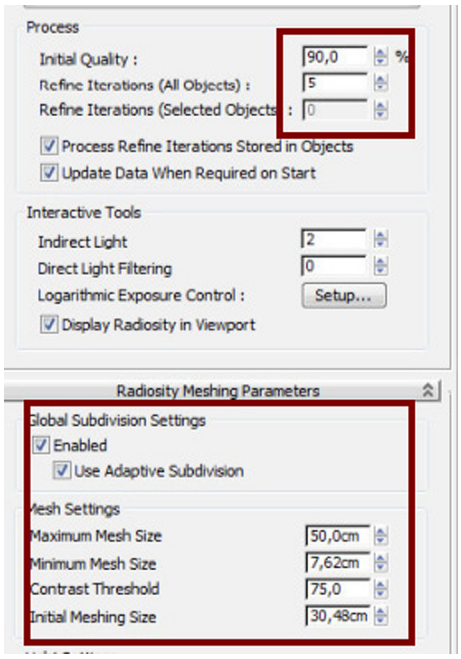
Imatge amb el càlcul de radiositat en el visor



La mateixa imatge del visor sense el càlcul de radiositat

Finalment duem a terme la renderització i obtenim la imatge següent.

Veiem que el resultat no està gens malament, però canviarem alguns paràmetres per fer que sigui més refinat. Fem que la qualitat inicial del procés de radiositat sigui del 90 %, i que faci cinc iteracions en tots els objectes; a més, en l'apartat ***Radiosity Meshing parameters***, activem la subdivisió global i canviem els valors perquè la malla màxima en què subdivideix els objectes sigui de 50 cm i la mínima d'uns 8 cm.



Escollim l'opció de ***Reset all***, perquè elimini tots els càlculs anteriors, i fem clic una altra vegada a ***Start*** perquè torni a calcular la radiositat. Veiem que el procés triga més a fer el càlcul, però ens fixem que en dur a terme la renderització obtenim un resultat amb una qualitat millor.

Renderització a 90 % de radiositat amb superfícies subdividides

4. Il·luminació exterior

Recrear llum natural en un entorn exterior és molt més difícil que fer-ho en una escena interior. La llum que entra en un espai, a través de finestres o altres obertures, és relativament fàcil de controlar, però el fet que la llum solar sigui com una font brillant fa que aquest tipus de llum sigui un repte quan recreem un exterior.

Aquest punt el tenen en compte els fotògrafs, que utilitzen plafons de rebot de llum i teles per a fer que la llum i les ombres siguin més suaus.

En el 3dSMax hi ha unes eines que ens ajuden a generar aquest tipus d'il·luminació. Entre aquestes disposem de les següents:

- ***Exposure Control*** (control d'exposició)
- ***DayLight System*** (sistema de llum diürna)

Utilitzant totes dues eines de manera conjunta, amb uns passos senzills aconseguim una il·luminació exterior molt realista.

4.1. Control d'exposició

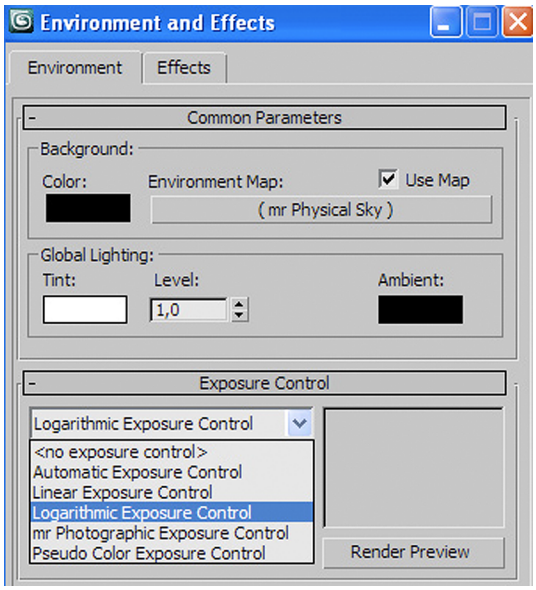
El **control d'exposició** és un mòdul de 3DSMax que ens permet ajustar els nivells de sortida i els rangs de color d'un *render*, com si ajustéssim el paràmetre d'exposició d'una càmera.

Els controls i paràmetres que el componen són especialment útils per a *renders* que utilitzen il·luminació global.

Mitjançant el control d'exposició es compensa el rang dinàmic limitat que tenen les pantalles d'ordinador, el qual és entorn de dos ordres de magnitud. El color més brillant que apareix en una pantalla és unes cent vegades més brillant que el representat.

En comparació, l'ull pot percebre un rang dinàmic d'aproximadament setze ordres de magnitud. En altres paraules, el color més brillant que podem percebre és aproximadament deu bilions de vegades més brillant que el més fosc.

Per aquest motiu, gràcies al control d'exposició podem ajustar els colors per a millorar la simulació del rang dinàmic de l'ull, a partir dels càlculs fets en el procés de renderització.



Hi ha cinc tipus de control integrats a 3dSMax:

- ***Automatic Exposure Control.*** Aquest tipus mostreja la imatge renderitzada i construeix un histograma per donar una bona separació de colors gràcies al rang dinàmic del *render*. Pot emfatitzar alguns efectes lluminosos que, d'una altra manera, es veurien foscos.

- ***Linear Exposure Control.*** Mostreja la imatge renderitzada i utilitza la mitjana de la brillantor de l'escena per a mapar els valors físics a valors RGB. Normalment s'utilitza en escenes amb poc rang dinàmic.

- ***Logarithmic Exposure Control.*** Aquest control logarítmic utilitza els valors de brillantor, contrast i els controls sobre si l'escena és exterior per a mapar els valors físics a valors RGB. Aquest control és molt bo per a escenes amb un rang dinàmic alt.

- ***Mr Photographic Exposure Control.*** Aquesta configuració ens permet modificar els paràmetres d'exposició, com si es tractés dels controls

d'una càmera fotogràfica: velocitat d'obturació, obertura, paràmetres de la pel·lícula, etc. També ens dóna control sobre valors de brillantors, tons mitjans i ombres. Normalment és indicat per a escenes amb rang dinàmic alt renderitzades amb ***Mental Ray***.

- ***Pseudo Color Exposure Control.*** Actualment aquest control ens permet utilitzar-lo com una eina per a una anàlisi dels nivells d'il·luminació. Gràcies al mapatge dels valors de luminància a pseudocolors, podem avaluar el comportament de la llum d'una manera intuïtiva.

4.2. Sistema de llum diürna

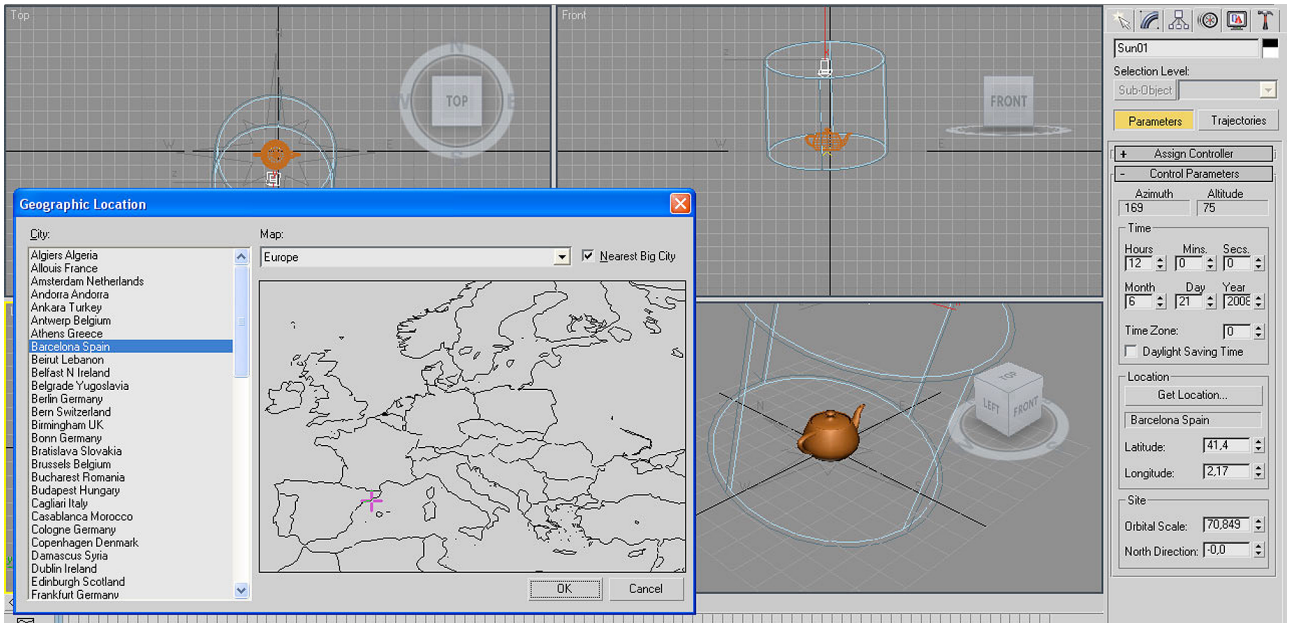
Una de les grans idees és utilitzar la llum solar per a recrear sensacions al nostre voltant. La llum ens pot ajudar a recrear aquest estat d'ànim que estem buscant, des de la felicitat fins a la claustrofòbia. El temps atmosfèric s'ha utilitzat en moltes pel·lícules per a exagerar aquest punt emocional de l'escena culminant, i de la mateixa manera ho fem en 3D.

Hi ha dos factors clau en la definició d'il·luminació per llum solar: l'**angle** i el **color de la temperatura**. Amb aquests dos paràmetres canviem el dia. L'angle del sol comença en 0 graus durant la sortida i acaba igual al capvespre. Entre aquests dos angles, arriba al seu angle d'incidència màxima al migdia, el qual canvia segons l'hora de l'any i també segons la latitud a què ens trobem.

L'exemple de Londres

A Londres, per exemple, en el solstici d'estiu el 21 de juny veiem el sol en un angle de 58,5° al migdia; al desembre, en el seu angle màxim, el sol arriba als 12,5°, el migdia amb angle més baix de l'any.

Afortunadament, els paquets de programari, i en aquest cas 3DsMax, tenen un sistema d'il·luminació solar que, simplement dient la posició geogràfica on ens trobem i l'hora i la data, ens calcula automàticament la posició corresponent al sol i el seu angle d'incidència.



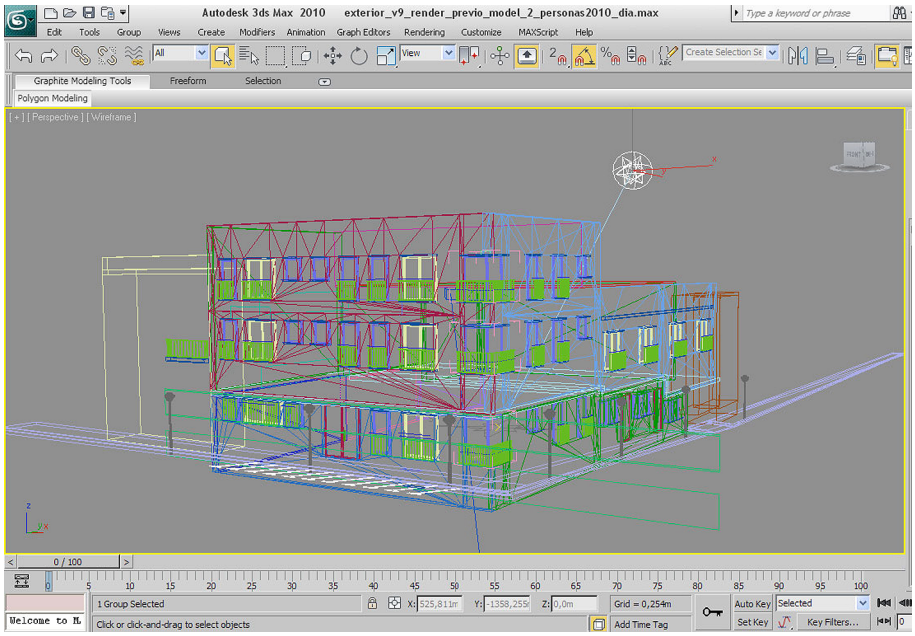
La temperatura del color i el temps es veuen afectats, com hem dit, segons passa el dia. Comença entorn de 2.000 Kº a trenc d'alba, i s'incrementa ràpidament fins a 4.300 Kº a primera hora del matí. Al migdia la temperatura de color assoleix el zenit entorn de 5.000 Kº, encara que un dia clar i calorós d'estiu pot superar 15.000 Kº.

Tanmateix, un cel ennuvolat pot arribar a tenir com a màxim uns 6.000 Kº. Òbviament, aquests valors poden variar segons les condicions atmosfèriques i són simplement una guia per a l'estudiant.

Quant a la referència de color, seria des d'un ataronjat-vermellós càlid a trenc d'alba a un groc a primera hora del matí i un blanc al migdia. Òbviament, en condicions ideals, si hi ha tempesta el dia es tornarà gris, o es tenyirà de blau si hi ha condicions de pluja.

Per entendre com funciona el sistema de **llum diürna** conjuntament amb el control d'exposició, vegem un cas pràctic d'il·luminació d'una escena.

Tenim aquesta escena en la qual veiem un edifici generat en 3D i volem generar una renderització d'una imatge exterior amb sol.



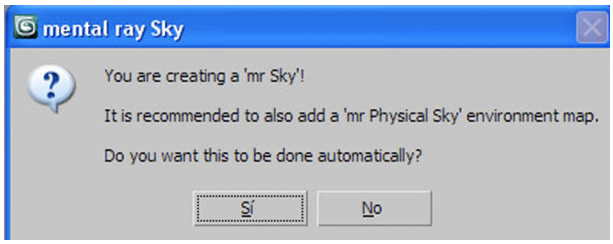
Creem l'escena i seleccionem el motor de renderització ***Mental Ray***. Tot seguit, posem una llum de tipus **diürn**, des de la pestanya ***Systems***. En aquest cas ens surt una advertència per a utilitzar l'opció d'exposició fotogràfica de ***Mental Ray*** (***mr Photographic Exposure Control***) amb valor d'exposició 15, que acceptem.

Posteriorment, canviem la posició solar a Barcelona, el 21 de juliol a les 9.00 h.

I canviem els paràmetres de la llum diürna de:

- ***Sunlight***: ***mr Sun***

- ***Skylight***: ***mr Sky***, acceptant l'advertència que ens apareix i que ens comunica que es posarà com a mapa d'entorn un ***mr Physical Sky***.



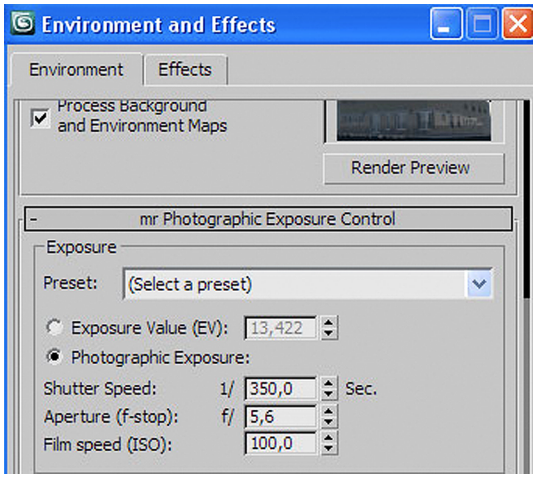
I fem una renderització:

Després, canviem l'hora de **llum diürna** a les 17.00 h i ajustem el nord a 74º, perquè el sol quedi per darrere de l'edifici. Veiem que la llum solar que surt a escena es mou automàticament amb l'hora, igual que la il·luminació de tota l'escena.

Encara que veiem que en canviar d'hora l'escena és molt fosca, per la qual cosa variarem els paràmetres d'exposició d'entorn.

Canviem els paràmetres següents:

- La velocitat d'obturació (***shutter speed***): 1/350



- Obertura (***obertura***): f/5,6

Gràcies a aquests canvis obtenim una renderització molt més clara i definida.

4.3. Il·luminació interior amb llum exterior

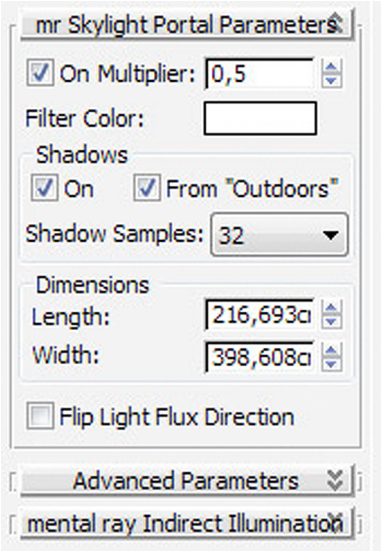
Ho complicarem una mica més i veurem un exemple de com s'il·lumina una escena interior amb llum exterior mitjançant un sistema **de llum diürna** conjuntament amb tècniques d'il·luminació global de **mapa de fotons** + ***final gather***.

Per a utilitzar aquesta tècnica es fa indispensable utilitzar el motor de renderització ***Mental Ray***, ja que ***Scanline*** no suporta aquesta configuració.

Partim de la mateixa escena dels sofàs que hem utilitzat en l'apartat d'il·luminació interior, si bé ara, en lloc d'utilitzar tècniques de radiositat i materials "luminiscents", utilitzarem un sistema **de llum diürna** i una configuració de mapatge de fotons conjuntament amb ***final gather***.

El primer que farem és inserir en l'escena un sistema **de llum diürna**, a una altura prou baixa perquè sembli que sigui l'ocàs del dia.

Acceptem els missatges que ens van apareixent.



A més, a les dues finestres de l'habitació afegim dos llums **mr Sky Portal** amb una dimensió igual a la superfície de les finestres, recordant que hem de fixar-les de cara endins, perquè la il·luminació es generi des de fora cap a dins. Això ens permetrà simular una llum molt suau concorde amb la il·luminació.

La configuració és molt simple:

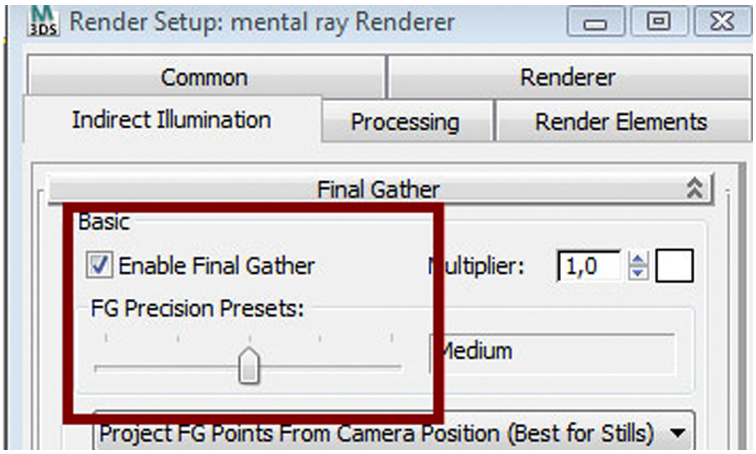
Multiplicador a 0,5, ombres i opció ***From outdoors*** activades, i ***Samples*** a 32.

Una vegada fet això, passem a la configuració de ***Mental Ray***.

Seleccionem que el motor de renderització per defecte sigui ***Mental Ray*** i anem a la pestanya ***Indirect Illumination*** per configurar-ne els paràmetres.

Veiem que el motor té configuracions per defecte i alguns paràmetres que varien els valors amb diferents qualitats. Les més importants són:

- ***FG Precision Presets***: precisió de la qualitat del mètode de càlcul; varien els rajos que s'envien cap a l'escena i la interpolació entre ells.

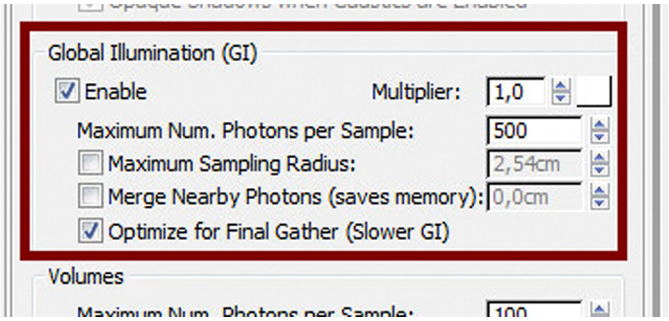


- ***Caustics and Global Illumination***: activació de les càustiques i de la il·luminació global.

- ***Maximum Num. Photons per sample***: nombre de mostres per fotó emès.

- ***Maximum Sampling Radius***: radi de la mostra.

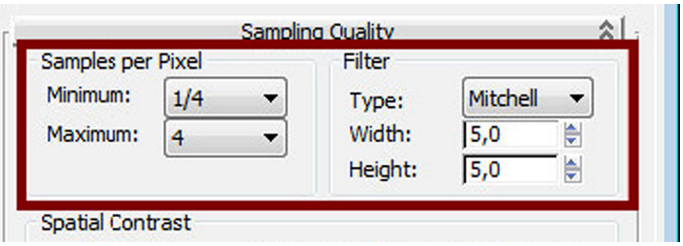
- ***Average GI photons per Light***: mitjana de fotons d'il·luminació global per cada llum de l'escena.



Pestanya Renderer / persiana Sampling Quality:

- ***Minimum / Maximum***: són les mostres màximes i mínimes aplicades a cada píxel segons el càlcul d'il·luminació global.

- ***Filter***: diferents filtres aplicables per a accentuar o suavitzar la imatge, una vegada acabada la renderització.



Si fem una renderització amb els paràmetres baixos, el temps de renderització és baix i podem fer-nos una idea global de si és el que volem obtenir de l'escena.

Per exemple, provem amb la configuració següent:

Final Gather / FG Precision Presets: ***Draft***
Global Illumination desactivada.
Renderer / Sampling quality: **Mín.** 1/16 **Màx.** 1/4 - ***Filter Box*** 1 × 1.

Veiem que la renderització és molt ràpida encara que la qualitat és pèssima. Ja podem veure com actuarà la llum i si és de la manera en què volem que s'il·luminin els objectes de l'escenari.

Es veu l'efecte de dent de serra en tota la imatge, per la qual cosa haurem de modificar els paràmetres per a augmentar la qualitat de la renderització.

Incrementarem una mica els valors:

Final Gather / FG Precision Presets: ***Medium***
Global Illumination activada. ***Maximum num. Photons*** 500.
Activem ***Optimize for Final gather***
Renderer / Sampling quality: **Mín.** 1/4 **Màx.** 4 - ***Filter Mitchell*** 5 × 5.

Veiem que la qualitat de la renderització ha augmentat bastant, encara que en detriment del temps, ja que hem variat els paràmetres de càlcul, per la qual cosa el motor de renderització ha de fer més operacions.

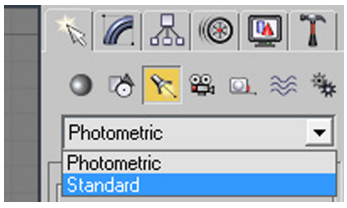
Podríem augmentar més la qualitat dels paràmetres, però a un cost de temps que, per l'aportació que ens afegiria a la renderització final, no ens seria rendible.

5. Radiositat ambiental amb *Scanline*

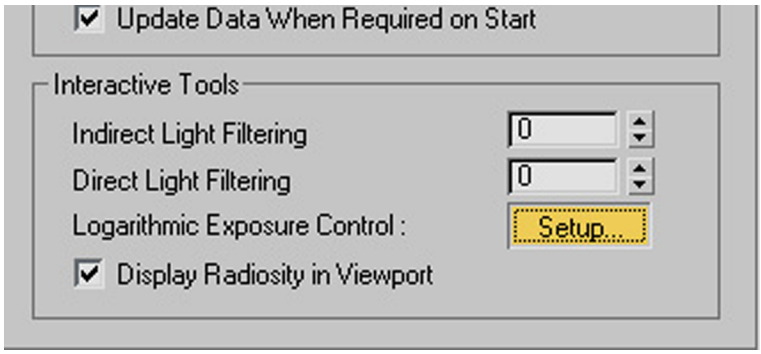
Creeu una caixa a l'escenari, que tingui unes mesures aproximades a les d'una habitació qualsevol (300 × 300 × 250 cm, aproximadament), i en el visor de perspectiva situeu-vos-hi a dins. Apliqueu a aquesta caixa el modificador ***Normal*** perquè la llum que incorporem més endavant sigui visible dins la caixa.

Creeu una nova caixa i situeu-la dins de l'anterior de manera que sigui visible des del visor de perspectiva. Si voleu, li podeu donar forma (cadira, sofà, barra de bar...) i posar algun material als dos elements.

Aneu al tauler ***Create*** > ***Lights*** > ***Standard***. Escolliu un focus amb objectiu (***Target spot***) i situeu-lo dins la caixa de manera que l'objectiu se situï sobre l'objecte que hi hàgiu posat a dins. Resitueu el llum dins la caixa i des del tauler ***Modify*** ajusteu-ne els paràmetres com més us agradi i comproveu el resultat fent una renderització ràpida de la finestra de perspectiva.

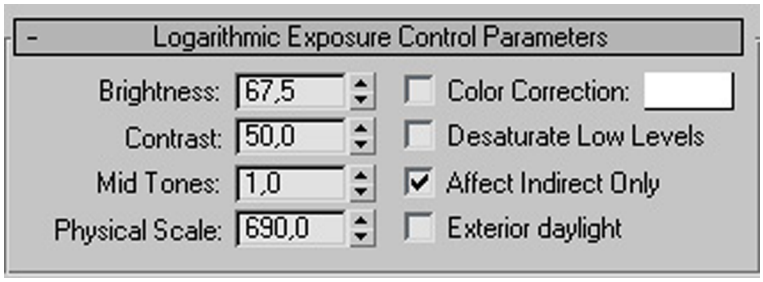


A continuació obriu la finestra ***Render setup*** i activeu l'opció d'il·luminació avançada. En el desplegable del primer apartat escolliu ***Rasiosity***, que desplegarà els apartats corresponents a la radiositat. En l'apartat corresponent a ***Radiosity processing parameters*** trobareu un subapartat que té per nom ***Interactive tools***. Feu clic a ***Setup*** per poder accedir al control d'exposició logarítmica de la llum.

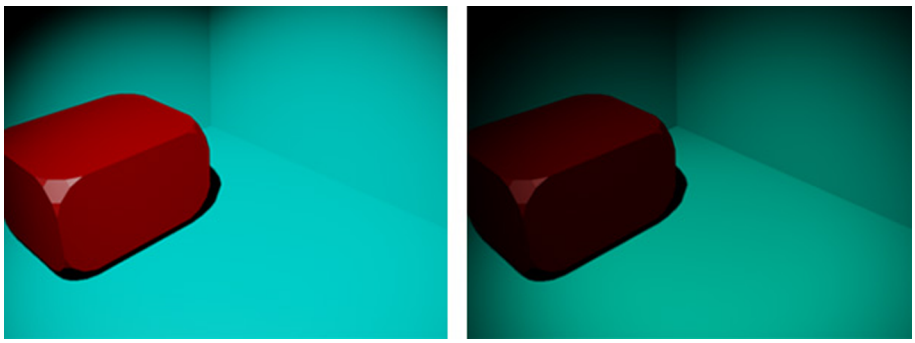


En l'apartat ***Logarithmic exposure control parameters*** (paràmetres de control de l'exposició logarítmica) verifiqueu la casella d'afectar únicament la llum indirecta.

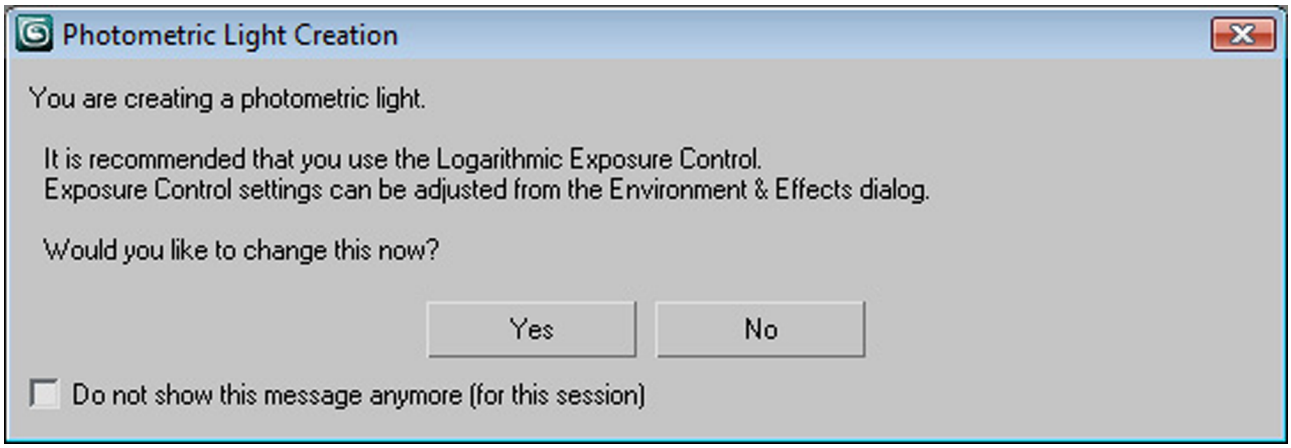
En aquest mateix apartat assigneu a ***Physical scale*** un valor aproximat a l'equivalent a una candela. El valor corresponent a una candela és 683. La candela és la unitat fonamental de fotometria en el sistema internacional. Representa el valor de la intensitat lluminosa, en una direcció donada, d'una font que emet una radiació monocromàtica. No hem de confondre els valors expressats en candeles amb els més coneguts, lúmens. El lumen és una unitat de potència lluminosa, mentre que la candela és la unitat d'intensitat.



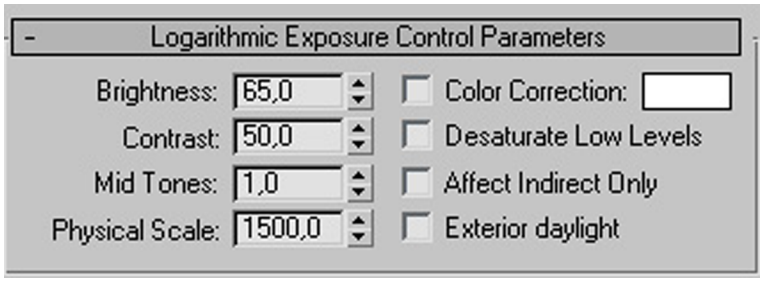
Comproveu-ne el resultat i veureu que la il·luminació global ha millorat sensiblement i que tant les ombres com els mateixos elements amb què heu compost l'escena han quedat molt més ben integrats entre si.



Elimineu ara la llum de l'escenari i aneu novament al tauler dels llums. Escolliu aquesta vegada un tipus de llum fotomètrica en el desplegable i trieu una ***Target light***. És probable que MAX us llanci una pantalla d'avís. Accepteu-ho, ja que amb això canviareu els ajustos del control d'exposició que abans havíeu hagut d'efectuar de manera manual.



Feu que l'objectiu de la llum sigui igual que en el cas anterior. Resitueu la llum en el mateix lloc on teníeu l'anterior i aneu al menú ***Rendering*** > ***Environment and effects***. Dins la pestanya ***Environment***, en l'apartat dels paràmetres de control d'exposició logarítmica, ajusteu la brillantor i el contrast a uns valors intermedis.



Activeu ara la finestra de ***Render setup*** i, en l'apartat de selecció de la il·luminació avançada de la pestanya d'***Advanced lighting***, indiqueu ***Radiosity*** i verifiqueu la casella. A continuació, en l'apartat ***Radiosity processing parameters***, feu clic a ***Start*** perquè MAX calculi la radiositat de l'escena. Una vegada acabat el càlcul, MAX aturarà el botó *Start* de manera automàtica. A partir d'aquest moment ja podeu renderitzar l'escena per poder comprovar els resultats i comparar-los amb els anteriors.

6. Renderitzador *Mental Ray*

Aquest motor de renderització es diferencia del renderitzador *Scanline* en diversos aspectes. Entre aquests, dos dels més importants són: d'una banda, a diferència del que succeïa amb *Scanline*, aquest renderitzador no necessita simular els efectes de radiositat ambiental d'una manera manual, i de l'altra, està optimitzat per a poder ser utilitzat en ordinadors molt més actuals amb processadors múltiples (de nucli doble o quàdruple) que permet agilitar, de manera comparativa, els temps de renderització.

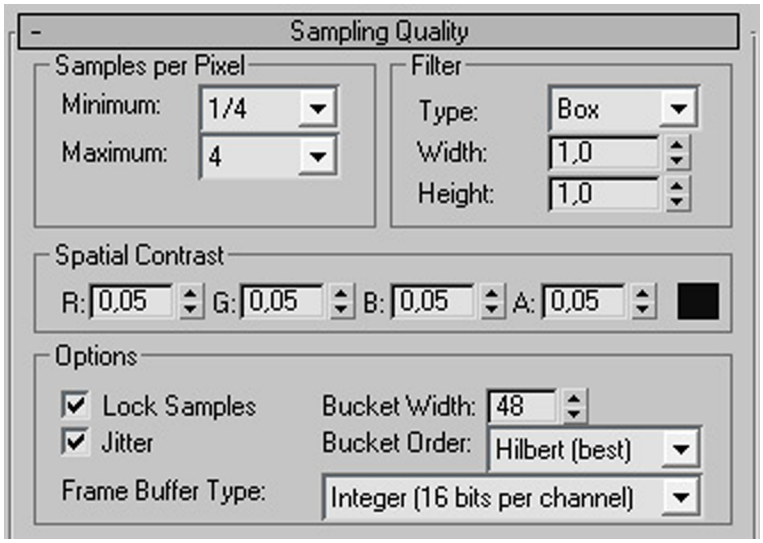
Tal com succeïa amb *Scanline*, podem trobar els paràmetres específics d'aquest motor de renderització al tauler ***Renderer*** de ***Render setup***.

El primer apartat d'aquest tauler determina la qualitat final segons la quantitat de mostrejos que s'efectuarà dels diferents píxels de la imatge. El subapartat ***Samples per pixel*** fixa els tipus mínims i màxims d'aquests mostrejos.

El valor mínim pot estar representat per un nombre fraccionari, per exemple 1/64. Això indica que es prendrà un mostreig de cada seixanta-quatre píxels. El valor ***Maximum*** fixa el màxim del mostreig.

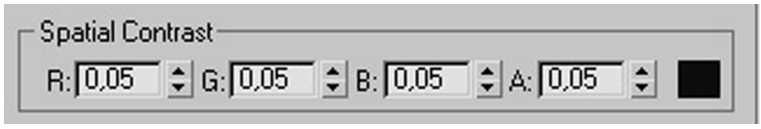
El subapartat ***Filter*** defineix com es combinaran els mostrejos. Per a això, en el desplegable ***Type*** podrem escollir entre filtratges diferents: ***Gauss, Triangle, Mitchell*** o ***Lanczos***.

Els valors de ***Width*** i ***Height*** especifiquen la mida que tindrà l'àrea de filtratge. En augmentar el valor d'amplària i alçària s'obtindran imatges més suavitzades, que farà que augmenti considerablement el temps de renderització.

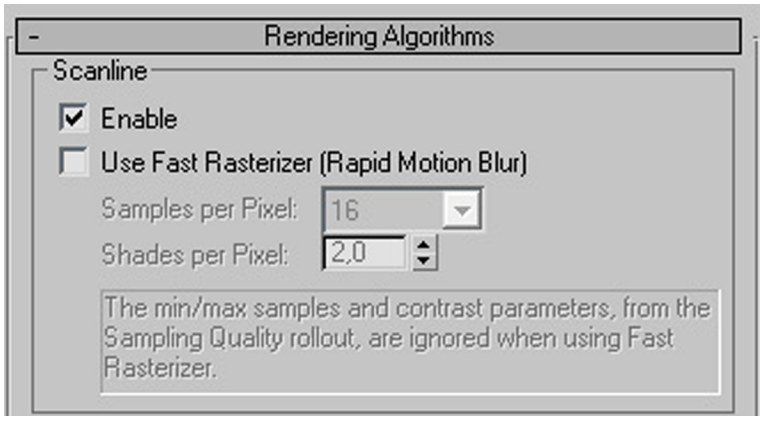


L'apartat ***Spatial contrast*** ajusta els valors de contrast utilitzats com a llindar per al control de mostreig. Aquests valors s'aplicaran a cada imatge. L'augment dels valors espacials de contrast disminueix la quantitat de mostrejos realitzats, de manera que pot accelerar la renderització d'una escena a canvi de perdre qualitat d'imatge.

Els valors llindar es poden establir des de zero fins a u. El valor zero indica l'absència del canal de color, mentre que l'u indica la saturació màxima del canal. En el cas de l'*Alpha* (A), el valor igual a zero indica un grau de transparència total, mentre que un valor d'u indica l'absència d'*Alpha*.



En l'apartat ***Rendering algorithms*** trobem una opció molt interessant per als casos en què hem d'utilitzar una cosa concreta que només sigui acceptada per *Scanline*. Es tracta de l'apartat que fa referència a aquest renderitzador. Quan la casella de verificació ***Enable*** està activada, el processament de ***Mental Ray*** pot utilitzar la representació de ***Scanline***. Quan està apagat, el processador utilitza *Mental Ray* com a únic renderitzador.



Si activem l'apartat següent, ***Ray Tracing***, *Mental Ray* utilitza el seu traçat de rajos per a fer reflexions, refraccions, efectes de desenfocament de moviment, control de la profunditat de camp, càustiques i controls d'il·luminació global de l'escena. Si aquest apartat és inactiu, en comptes d'utilitzar totes aquestes possibilitats, el mètode d'escaneig és de línia única. Tenir *Ray Tracing* actiu implica renderitzacions molt més lentes, però també més precises i realistes.

El subapartat ***Raytrace acceleration*** estableix l'algoritme que cal utilitzar per a l'acceleració de traçat de rajos. Els controls d'aquest subapartat poden variar segons el mètode d'acceleració escollit. Les dues alternatives possibles són:

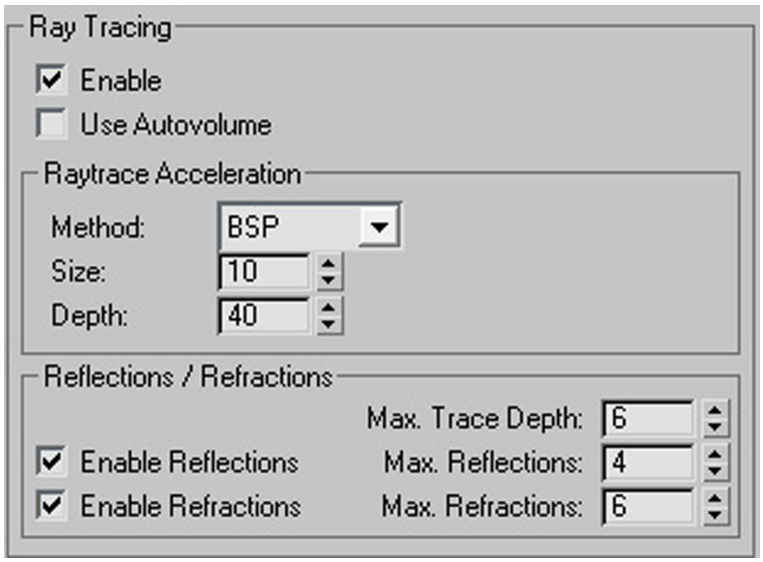
- BSP: és el mètode més ràpid en un sistema d'un sol processador.

- BSP2: aquest mètode està optimitzat per a sistemes multiprocessador i per a les grans escenes que continguin més d'un milió de polígons en la seva representació.

Des del subapartat ***Reflections/Refractions*** podem controlar el nombre de vegades que un raig de llum serà reflectit o serà refractat. Els valors iguals a zero no produeixen reflexió ni refracció. Com més s'incrementen els valors més augmentarà el realisme de la representació i més temps de renderització es necessitarà.

Els límits de la combinació de reflexions i refraccions són determinats pels valors de MAX, ***Trace depth***. Aquest paràmetre especifica el nombre de vegades que s'ha de fer el seguiment d'un raig de llum. Per exemple, si establim aquest valor en sis i un raig es reflecteix tres vegades i se'n refracta tres més, no es podrà tornar a reflectir perquè entre reflexions i refraccions ja en suma sis, que és el valor establert.

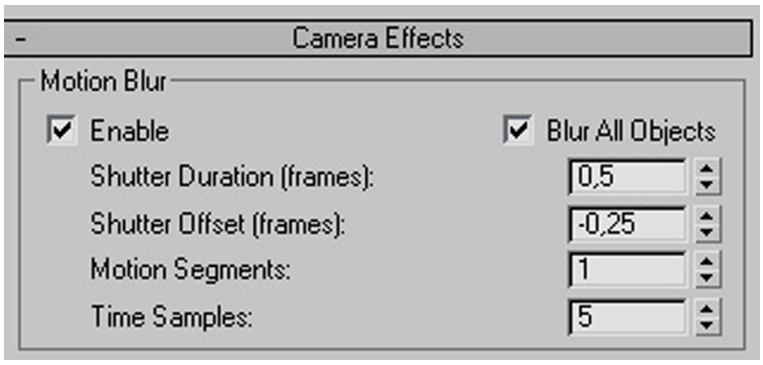
Max. reflections i ***Max. refractions*** estableixen el nombre màxim de vegades que un raig de llum pot ser reflectit i refractat, respectivament.



Des de l'apartat ***Camera effects*** podem determinar els efectes de càmera que s'aplicaran en el procés de renderització. Aquest apartat conté diversos subapartats amb característiques molt especials que intentarem descriure amb detall a continuació, ja que val la pena conèixer-les bé.

El subapartat ***Motion blur*** és l'encarregat d'aplicar aquest filtre la renderització. Ja s'han comentat els avantatges d'aplicar aquest filtre en l'explicació que es va fer del funcionament del motor de renderització *Scanline*. En aquest cas, a més de poder aplicar el filtre, aquest subapartat ens permet diverses opcions:

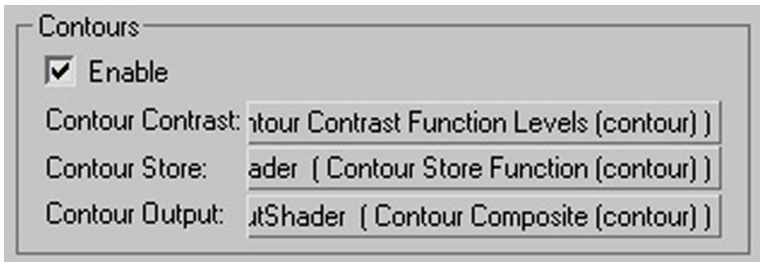
Blur all objects	Aplica el desenfocament de moviment a tots els objectes, independentment de les propietats d'aquest objecte.
Shutter duration (frames)	Aquest paràmetre simula la velocitat de l'obturador d'una càmera. Si posem un valor igual a zero el moviment no serà borrós. Com més gran sigui el valor, més gran serà també el grau de desenfocament.
Shutter offset (frames)	Estableix el fotograma des del qual s'ha de barrejar la imatge per establir, en relació amb el fotograma que s'està renderitzant, l'efecte de desenfocament.
Motion segments	Estableix el nombre de segments per calcular el desenfocament de moviment. Com més alts són els valors, més precís és el desenfocament, però necessitarà també més temps de renderització.
Time samples	Controla les vegades que s'ha de mostrejar el material durant el desenfocament. Habitualment, n'hi ha prou de mostrejar-lo una vegada; tanmateix, en animacions molt ràpides pot ser convenient remostrejar el material en més ocasions, ja que això permet obtenir més precisió al desenfocament.



L'apartat ***Contours*** permet utilitzar ombrejadors especials per a ajustar els resultats de l'ombreig de contorn. Recull tres tipus de contorn: ***Contour contrast***, ***Contour store*** i ***Contour output***.

Les línies de contorn són especialment útils per a la producció de dibuixos animats. A més d'això, l'addició de línies de contorn pot ajudar a distingir alguns objectes de l'escenari que, tant per les propietats físiques que tenen com per la il·luminació que reben, poden caure en la confusió visual.

Els contorns poden ser diferents per a cada material i alguns materials no poden tenir-les en tot el seu perímetre. El color i el gruix dels contorns aplicats depenen de diversos factors com poden ser la geometria pròpia de l'objecte, la posició que ocupa aquest objecte en l'escena, el tipus de material, etc.



L'apartat següent, ***Camera shaders***, és dels més complexos del tauler, ja que té moltes possibilitats i conèixer bé tots els elements que podem introduir pot estalviar-nos molt temps i esforç alhora que contribueix a donar molta més credibilitat visual al que estem realitzant. El seu ús està destinat a aplicar ombrejadors de càmera complexos per aconseguir efectes que d'una altra manera en molts casos seria impossible d'aconseguir, tret que treballéssim *a posteriori* els resultats en altres programes de postproducció de vídeo com, per exemple, *After effects*.

L'activació de cadascun dels tres apartats i l'activació posterior del botó corresponent dóna accés a un conjunt d'efectes de càmera.

L'activació de ***Lens*** dóna accés als filtres següents: ***Distorsion, Night, WrapAround*** i ***Shader list***.

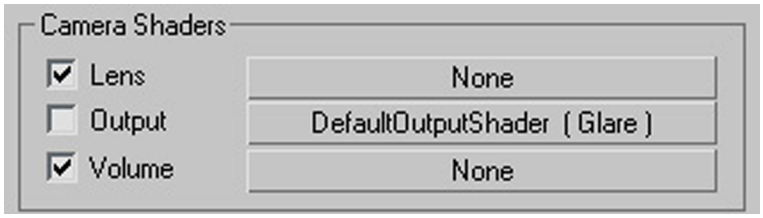
Distorsion	Aplica un efecte de distorsió lent a la imatge. Les distorsions poden ser tant còncaves com convexes.
Night	Si observem la realitat podrem veure que objectes de colors saturats prenen valors de color pastel quan arriba el capvespre, que una flor groga té un to blau gairebé blanc sota la llum de la lluna. Aquest canvi de coloració s'explica perquè l'ull humà percep les coses d'una manera a plena llum del dia i d'una altra manera molt diferent en condicions de poca llum. L'efecte ***Night*** simula aquesta situació.
WrapAround	Fa una instantània de tot el que hi ha al voltant de la càmera. Aquesta instantània ens pot ser molt útil en els casos en què vulguem posar-la com a mapa de reflectivitat o com a mapa d'ambient, per exemple.
Shader List	Aquesta opció obre una interfície pròpia en què podem combinar els diferents efectes de càmera que hem vist fins ara.

El botó d'***Output*** dóna accés a efectes d'enlluernament de l'objectiu de la càmera.

Glare shader	Provoca un efecte d'enlluernament de l'objectiu de la càmera creant un halo al voltant de les imatges.
Shader list	Permet el mateix que en l'apartat *Lens*.

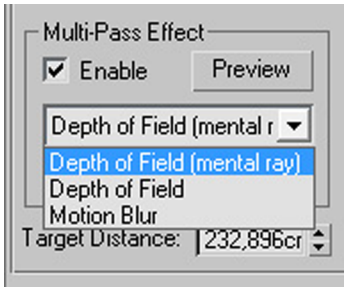
El botó ***Volume*** dóna accés a efectes d'emplenament de llum: pols, boira i altres efectes que es creï en la imatge quan la llum travessa una superfície que conté partícules d'algun tipus.

Beam	Permet fer de manera ràpida i senzilla halos al voltant de llums brillants.
Material to shader	Permet utilitzar qualsevol material com a ombrejador. Depenent del component al qual s'assigni, *Mental Ray* utilitza, de manera automàtica, el component de material adequat.
Mist	Crea capes de boira o boirines amb efectes de descoloració molt reals.
Parti volume	Simula a la perfecció dispersions en l'aire de pols, boira o pluja.
Submerge	Està indicat per a simular escenes sota l'aigua.
Shader list	Permet el mateix que en l'apartat *Lens*.



L'apartat ***Depth of field*** (***Perspective views only***) mostra la profunditat de camp de l'escena en la vista de la perspectiva. Aquest efecte de profunditat de camp no s'aplicarà si renderitzem visors que no siguin únicament de vista de perspectiva.

Si volem que una vista de càmera mostri en el visor l'efecte de profunditat de camp cal seleccionar la càmera i, en el tauler ***Modify***, activar ***Multi-pass effect*** i, en el desplegable, seleccionar l'opció ***Depth of field*** (***Mental Ray***).

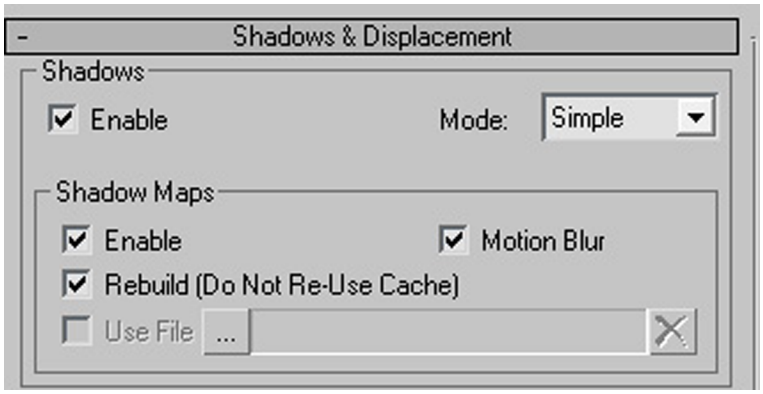


Els valors de ***Focus plane*** estableixen la distància de la càmera en què els elements de l'escena han d'estar completament enfocats.

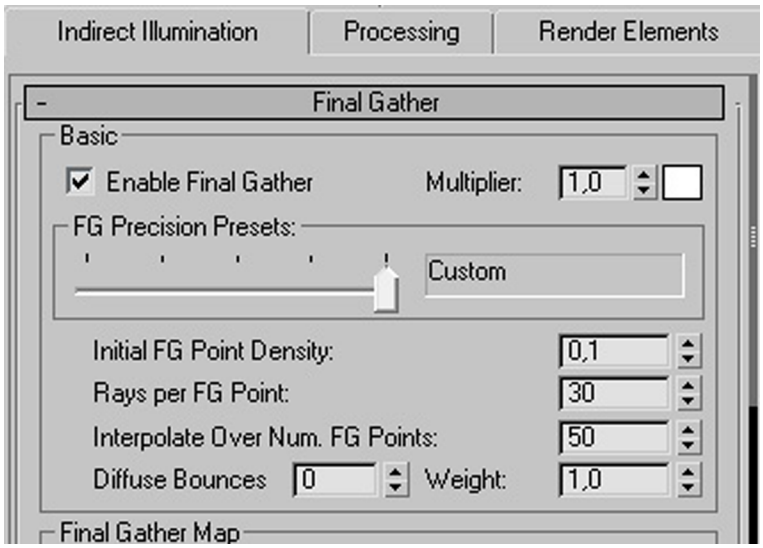
Near i ***Far*** defineixen el rang de valors a partir dels quals es desenvoluparà la distància focal. Els objectes amb distàncies més pròximes a *Near* es veuran més enfocats. Els objectes situats en distàncies més pròximes a *Far* es veuran més desenfocats en relació amb els anteriors.

L'últim apartat d'aquest tauler fa referència a les ombres, ***Shadows***, i als mètodes per a aplicar-les.

El subapartat ***Shadow maps*** permet especificar mapes d'ombra. Quan especifiquem un arxiu de mapa d'ombra, *Mental Ray* utilitza aquest arxiu en comptes de fer un traçat de rajos per obtenir les ombres. Si hem desactivat per alguna raó la casella de verificació d'***Enable*** quan fem la renderització final, encara que hàgim introduït anteriorment un mapa d'ombres, aquest mapa no s'aplicarà.



Fins aquí hem vist els paràmetres principals del renderitzador *Mentay Ray*. N'hi ha molts més, alguns d'extremament complexos, amb els quals podeu experimentar lliurement per anar coneixent a poc a poc les possibilitats que té, les quals són pràcticament inacabables. Podeu trobar aquests paràmetres avançats per mitjà del tauler d'***Indirect illumination***, situat a la mateixa finestra de ***Render setup***.


Indirect Illumination
Processing
Render Elements
Final Gather
Basic
Enable Final Gather
Multiplier:
1,0
FG Precision Presets:
Custom
Initial FG Point Density:
0,1
Rays per FG Point:
30
Interpolate Over Num. FG Points:
50
Diffuse Bounces
0
Weight:
1,0
Final Gather Map