

Programari d'animació 3D

José Manuel Solís Rejas

Índex

Introducció	5
Resultats d'aprenentatge	7
1 Entorn i eines per a l'animació 3D	9
1.1 Programari d'animació 3D	9
1.1.1 Tècniques bàsiques o d'ús comú	9
1.1.2 Observacions sobre les tècniques bàsiques	12
1.1.3 Tècniques avançades	12
1.1.4 Observacions sobre les tècniques avançades	18
1.1.5 Aspectes legals	18
1.1.6 Cost	19
1.1.7 Diferències entre sectors	19
1.1.8 Maquinari	20
1.1.9 Sistema operatiu	21
1.1.10 Forma de distribució	22
1.1.11 Interoperativitat	22
1.2 Espai 3D	26
1.2.1 Sistema de referència	26
1.2.2 Coordenades de posició	28
1.2.3 Coordenades d'orientació	29
1.2.4 Ampliació de conceptes	30
1.3 Finestres comunes	31
1.3.1 Graf d'escena i jerarquia	31
1.3.2 Editor de fotogrames clau ('keyframes')	32
1.3.3 Editor no lineal	35
1.4 Utilització del so	37
1.4.1 Música	37
1.4.2 Efectes de so	39
1.4.3 Veu	39
1.4.4 Integració	40
2 Tècniques de moviment, rotació i escalat d'objectes	43
2.1 Espais de coordenades	43
2.2 Transformacions	44
2.2.1 Translació	45
2.2.2 Rotació	47
2.2.3 Escalat	49
2.3 Coordenades	57
2.3.1 Interpretació	57
2.3.2 Introducció numèrica	59
2.3.3 Congelar i reiniciar	60
2.3.4 Igualar	64

2.4	El punt de pivot	67
2.4.1	Moure el punt de pivot	68
2.4.2	Seleccionar un bon punt de pivot	71
2.4.3	Eixos de transformació personalitzats	72
2.5	'Snapping'	74
2.5.1	'Live surface'	76
2.5.2	Increments regulars	77
2.6	Alineació	79
2.7	Transformació proporcional	81

Introducció

Per treballar a l'àmbit de l'animació 3D primer cal familiaritzar-se amb les eines i tècniques principals que es fan servir. La finalitat d'aquesta unitat és proveir aquest context i introduir algunes operacions bàsiques com la translació, la rotació i l'escalat d'objectes.

En l'apartat **“Entorn i eines per a l'animació 3D”** es presenten les tècniques més esteses actualment des d'un punt de vista genèric, és a dir, sense centrar-nos encara en cap programari en concret. Tots els conceptes els trobareu a Maya, que serà el programari de referència.

Dins d'aquest apartat hi ha una secció a parlar de l'espai 3D, és a dir, el marc matemàtic on es desenvolupen les animacions, i s'introdueixen conceptes com base, *sistema de referència i coordenades.

L'apartat **“Tècniques de moviment, rotació i escalat d'objectes”** se centra en Maya i es dedica una secció a explicar les diferents eines per posicionar objectes a l'escena, aprofundint en el concepte de transformació.

L'important al primer apartat és copsar els conceptes, ja que aquests s'amplien tant en aquest com en d'altres mòduls, i al segon, adquirir una certa agilitat a l'hora de manipular els objectes a Maya.

Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat, l'alumne/a:

1. Anima fotogrames per ordinador en 3D a partir de la interpretació del guió, per aconseguir l'expressivitat requerida, aplicant tècniques d'animació i analitzant característiques expressives.

- Temporitza els moviments de tots els elements 3D que s'animaran, indicant el nombre de fotogrames necessari per a cada variació i generant una carta d'animació per a cada pla, personatge i/o decorat.
- Realitza l'animació dels elements 3D en els seus moviments genèrics mitjançant la interfície d'animació, amb l'expressivitat adequada i adaptant-se als temps requerits.
- Realitza l'animació dels elements 3D en els seus moviments secundaris, específics i parts toves, amb l'expressivitat adequada mitjançant la interfície d'animació.
- Realitza les sincronitzacions de moviments necessàries per aconseguir transmetre major sensació de realisme i versemblança a l'animació.
- Sincronitza l'animació 3D amb la banda sonora i el doblatge original així com amb els efectes.
- Anima les càmeres 3D i els seus paràmetres.

1. Entorn i eines per a l'animació 3D

Les **eines** a disposició per produir animacions en 3D implementen diferents **tècniques** que és necessari conèixer, tant les tècniques comunes presents a la majoria de programaris com les tècniques avançades que només trobarem a programaris específics.

També és necessari tenir algunes **bases teòriques** per entendre el funcionament intern dels programaris 3D i les operacions que fan a l'espai 3D. Així doncs cal repassar conceptes com sistema de referència i coordenada.

Com que el grafisme es complementa amb so per produir les seqüències animades, també cal tenir uns mínims coneixements teòrics d'aquesta àrea.

1.1 Programari d'animació 3D

El programari d'animació 3D és tot el **programari per produir animacions**. Donat que al mercat hi ha una àmplia oferta, cal conèixer els punts forts i quines tècniques implementen per triar el més adient a cada projecte.

És poc probable que un únic programari serveixi per cobrir totes les necessitats d'un projecte mínimament complex, així que la situació habitual és la **combinació de diferents programaris** per obtenir el resultat. Per aquest motiu, és important conèixer com fer interoperar els programaris entre si, utilitzant formats de fitxer d'intercanvi i tècniques com el cuinat.

1.1.1 Tècniques bàsiques o d'ús comú

Tot i que cada programari les implementa d'una manera lleugerament diferent, històricament s'han anat introduint tota una sèrie de tècniques que han esdevingut d'ús comú.

Les **tècniques bàsiques** són les que, per una banda, estan disponibles a tots els programaris d'animació 3D generalistes i, per l'altra, permeten tractar qualsevol tipus d'animació feta amb qualsevol altra tècnica.

En el punt "Forma de distribució" d'aquest apartat s'estudien els programaris generalistes.

Fotogrames clau ('keyframes')

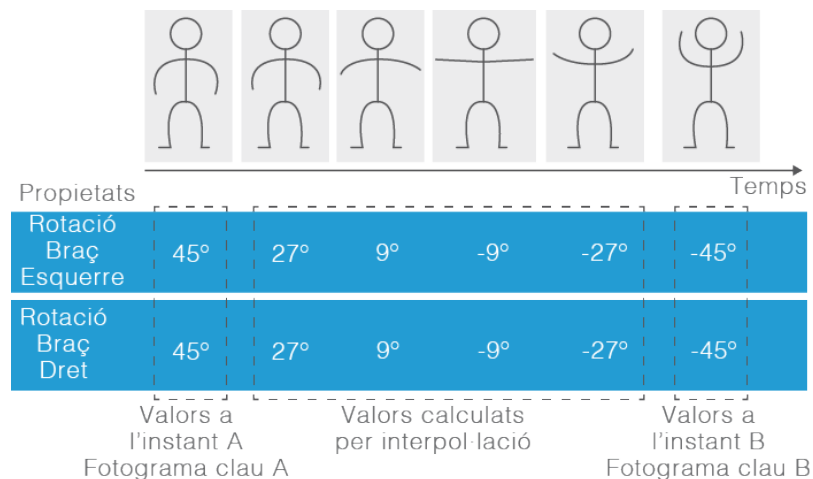
L'animació per fotogrames clau (*keyframes*) és la tècnica més bàsica de totes i que es troba amb més seguretat a qualsevol programari d'animació 3D. Aquesta

La interpolació és una operació matemàtica que serveix per generar punts intermedis entre dos punts coneguts.

tècnica consisteix a **establir el valor d'una o més propietats** del model en un instant A, uns altres valors en un instant B, i deixar que sigui l'ordinador qui **interpoli** els valors intermedis en l'interval entre A i B.

Vegeu la figura 1.1 com a exemple d'animació per interpolació.

FIGURA 1.1. Animació per fotogrames clau



Jerarquia

Altres propietats del pare com la visibilitat també poden afectar la descendència, tot i que això depèn del programari concret que utilitzem.

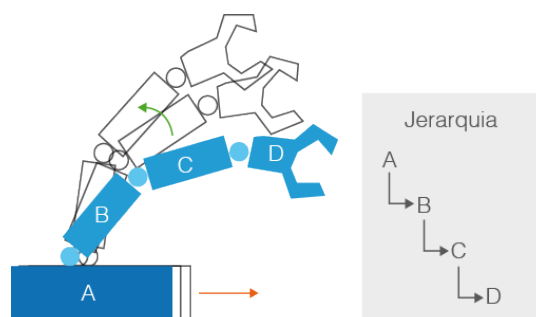
En tot programari d'animació 3D s'admet algun tipus de jerarquia entre objectes. La jerarquia és un tipus de **relació entre objectes** en què uns elements són fills d'altres, de manera que qualsevol translació, rotació o escalat aplicat a l'objecte pare afecta també els fills. L'aplicació principal d'aquesta tècnica és animar objectes **articulats**.

Vegeu un exemple d'ús de la jerarquia en la figura 1.2.

Exemple de braç robòtic

En la figura 1.2 quan es trasllada l'objecte que fa de base del braç robòtic es traslladen també els objectes B, C i D, ja que són descendents seus a la jerarquia. Si gireu l'objecte C, indirectament fareu rotar també l'objecte D.

FIGURA 1.2. Jerarquia



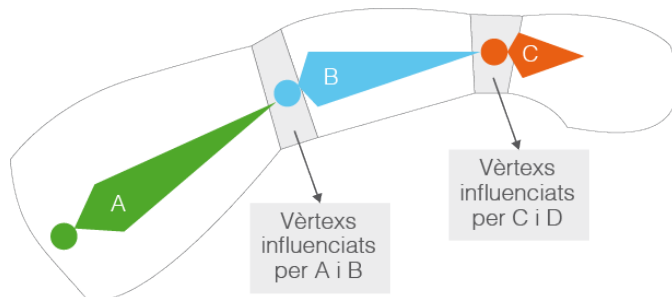
El procés de fer l'assignació de cada vèrtex amb el seu os es diu *rigging*.

'Skinning'

La tècnica d'*skinning* s'utilitza per simular la **deformació de les parts toves** quan interactuen amb les articulacions d'un cos, associant cada vèrtex a un o més ossos amb una certa intensitat. S'aplica sobretot a personatges.

Vegeu un exemple d'ús en la figura 1.3.

FIGURA 1.3. 'Skinning'



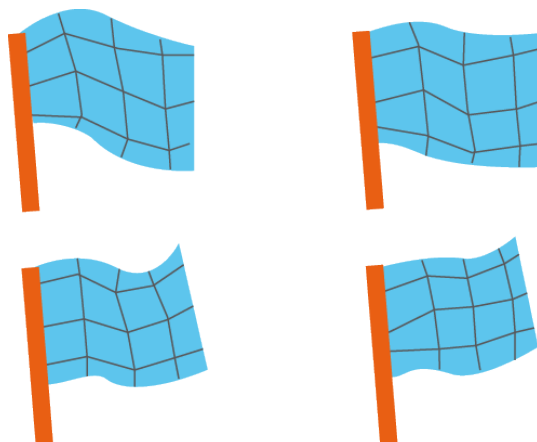
És una tècnica que comporta un cert **cost computacional**, tot i que qualsevol targeta gràfica disposa de potència suficient per previsualitzar-la en temps real. També poden haver-hi limitacions quant al nombre d'ossos simultanis que poden afectar un vèrtex concret, especialment en models per a videojocs.

Vegeu el paper de les targetes gràfiques a l'animació 3D en el punt "Maquinari" d'aquest apartat.

Animació per vèrtex

Els vèrtexs d'un objecte no s'animen individualment si no és necessari. La raó és que fer una animació vèrtex per vèrtex comporta un cost en espai d'emmagatzematge i memòria que pot arribar a ser molt alt, ja que s'han d'emmagatzemar individualment les posicions, orientacions i escales de cada vèrtex al llarg de l'animació. Tot i així, per animar certes deformacions, com en el cas d'un teixit (vegeu la figura 1.4), pot ser necessari fer una animació vèrtex per vèrtex.

FIGURA 1.4. Animació per vèrtex



'Blendshapes'

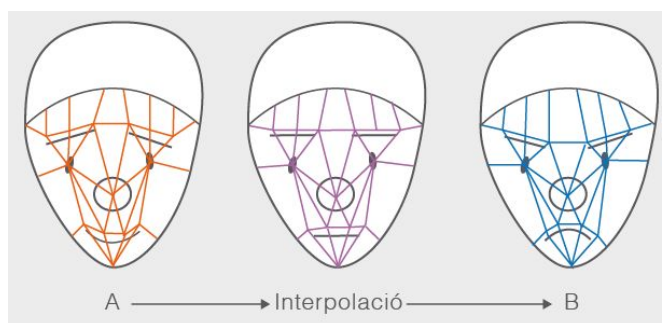
Com que animar els vèrtexs individualment produeix animacions molt costoses d'emmagatzemar, hi ha una tècnica, típicament aplicada a l'animació facial, que consisteix a **definir uns conjunts** anomenats *blendshapes*. Els *blendshapes* contenen una forma concreta de la malla, és a dir, les posicions individuals de cada un dels vèrtexs. Una vegada definida una sèrie de *blendshapes*, es fa el càlcul per interpolació per tal d'obtenir formes intermèdies.

Vegeu l'exemple i la figura 1.5 que il·lustren l'ús de la tècnica amb *blendshapes*.

Exemple d'animació d'expressió facial amb 'blendshapes'

A partir del model d'un cap de la figura figura 1.5, es poden definir dos *blendshapes* (A i B). Al punt A els vèrtexs conformen una expressió alegre a la cara i al punt B conformen una expressió trista. Una vegada definits, l'ordinador calcula les expressions intermèdies entre un i altre, per obtenir una expressió neutra al punt mitjà.

FIGURA 1.5. 'Blendshapes'



1.1.2 Observacions sobre les tècniques bàsiques

La importància de les tècniques bàsiques resideix en el fet que es pot tractar qualsevol animació produïda amb qualsevol altra tècnica, ja que tota animació consisteix en:

- Sèrie de canvis en la posició, orientació i escala dels objectes, que es poden definir amb fotogrames clau.
- Possibles deformacions, que es poden tractar animant els seus vèrtexs.

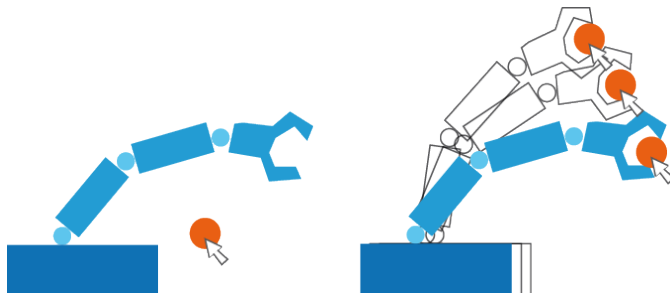
1.1.3 Tècniques avançades

El treball d'animació seria molt costós només amb tècniques bàsiques, així que al llarg del temps s'han creat altres **tècniques avançades** que simplifiquen i agilitzen la generació de certs tipus d'animacions.

Cinemàtica inversa

La cinemàtica inversa consisteix que el programari calculi la posició i rotació de cadascun dels objectes d'una jerarquia per tal que l'extrem quedi en posició i orientació concretes. Dit d'una altra manera, es posiciona l'objecte final de la jerarquia i l'equip orienta automàticament la resta. Vegeu la figura 1.6, on l'usuari només ha de moure el punt per animar el braç robòtic.

FIGURA 1.6. Cinemàtica inversa



És un sistema força pràctic per manipular extremitats de personatges com braços o cames sense haver de preocupar-se de posicionar una a una cada articulació, tot i que, per contra, per la naturalesa dels càlculs es poden produir inestabilitats en l'animació, especialment en punts on hi ha múltiples solucions.

Podeu veure un exemple real de l'ús d'aquesta tècnica al següent vídeo:



<https://player.vimeo.com/video/246937666>



Restriccions

Les restriccions són un cas similar a la cinemàtica inversa, però una mica més general. Les restriccions exigeixen que els objectes mantinguin una certa posició i orientació, inclús si formen part d'una jerarquia. Aquestes restriccions poden ser de diferents tipus:

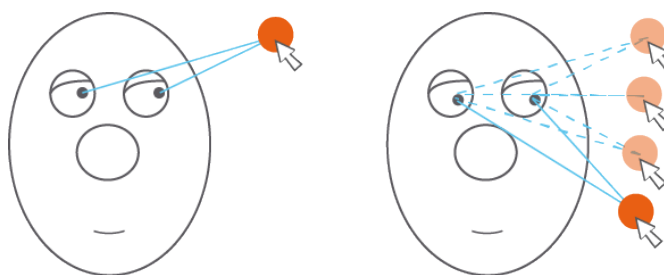
- Mantenir l'orientació cap a un objecte.
- Mantenir-se sobre una superfície.
- Mantenir-se sobre una línia.

Exemple de control de la mirada amb restriccions

Per fer que els ulls d'un personatge sempre apuntin a un punt concret es pot fer amb restriccions, tal com presenta la figura 1.7, en què només amb el moviment del punt els ulls del model segueixen la direcció apuntada.

La cinemàtica és una tècnica a **mig camí** entre bàsica i avançada.

FIGURA 1.7. Restriccions

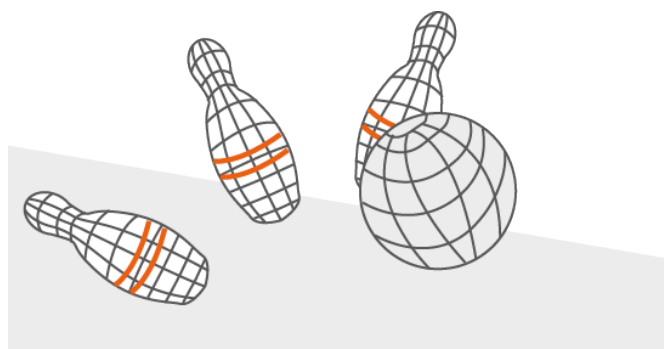


Sòlids rígids

És força habitual que per fer certes animacions simplement cal que els objectes segueixin les lleis de la **dinàmica newtoniana**. La simulació de sòlids permet configurar les masses i altres propietats físiques dels objectes i deixar que sigui l'ordinador qui generi l'animació.

Vegeu-ne un exemple en la figura 1.8.

FIGURA 1.8. Sòlids rígids



Dins de la simulació d'objectes sòlids, els sòlids rígids es caracteritzen perquè són **indeformables** i es mouen **lliurement** o bé són **inamovibles**. Aquestes característiques permeten fer una sèrie de **simplificacions** en el seu càlcul que fan que sigui relativament poc costós, tot i que depèn fortament de la quantitat de polígons que tingui cada objecte i, en menor grau, del nombre d'objectes.

Actualment objectes com pedres, maons i trossos de paret se simulen en grans quantitats com sòlids rígids al cinema d'acció i fantasia. Visualitzeu el vídeo següent:



https://www.youtube.com/embed/HnAw3E_mLh8?controls=1

En l'àmbit pràctic, podeu veure un exemple d'ús d'aquesta tècnica al següent vídeo:



<https://player.vimeo.com/video/246937738>



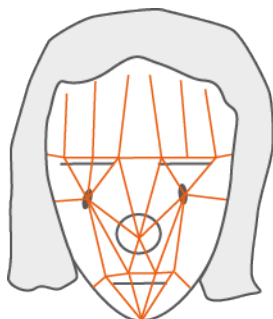
Objectes tous

Els objectes tous són sòlids que segueixen les lleis de la dinàmica newtoniana, però a diferència dels sòlids rígids poden patir **deformacions**. Alguns exemples serien objectes com la tela, els coixins o la bandera de la figura figura 1.4. El cost computacional d'aquests tipus de simulacions és força més alt que la simulació de cossos rígids, ja que els càlculs en aquests tipus de simulacions s'han de fer vèrtex per vèrtex i no admeten les mateixes simplificacions que es poden fer en el cas dels rígids, com assumir que sempre ocupen el mateix volum a l'espai.

Cabells i vegetació

Cabells i vegetació són un **tipus particular** d'objectes tous deformables. Es caracteritzen per compondre's d'una gran quantitat de petits objectes distribuïts per sobre una superfície. Vegeu la figura 1.9.

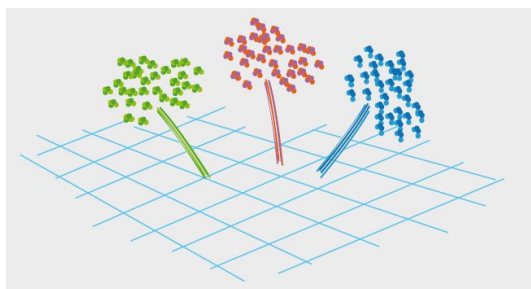
FIGURA 1.9. Cabells



Aquests objectes comparteixen **característiques comunes** com tenir una certa longitud o rigidesa i estar afectats per fenòmens comuns, com per exemple el vent simulat. Això fa que es puguin calcular més ràpidament considerant-los no individualment, sinó com a part d'un conjunt. Tot i que comporten una gran quantitat de càlculs, els programaris els poden simular amb força eficiència, especialment si el càlcul es fa fent servir la GPU.

Partícules

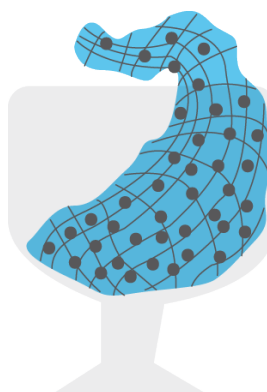
Els efectes de partícules són un cas similar als cabells i la vegetació en el sentit que suposen animar un **conjunt molt nombrós** de petits objectes que tenen un comportament similar. Es fan servir per simular fenòmens com les espurnes d'una soldadora o uns focs artificials (vegeu la figura 1.10).

FIGURA 1.10. Partícules

Cada partícula individual se simula amb un objecte senzill (per exemple, piràmides, petites esferes o cubs) i habitualment es poden configurar paràmetres com el nombre de partícules per segon emeses. Una vegada generades, les partícules segueixen les lleis de la dinàmica newtoniana o diferents comportaments que podem definir i que normalment inclouen un cert grau d'**aleatorietat**.

Fluids

Els fluids es poden considerar un **cas particular de partícules**, tot i que en aquest cas es genera una malla de polígons que envolta les partícules per simular la superfície del líquid (vegeu la figura 1.11).

FIGURA 1.11. Fluids

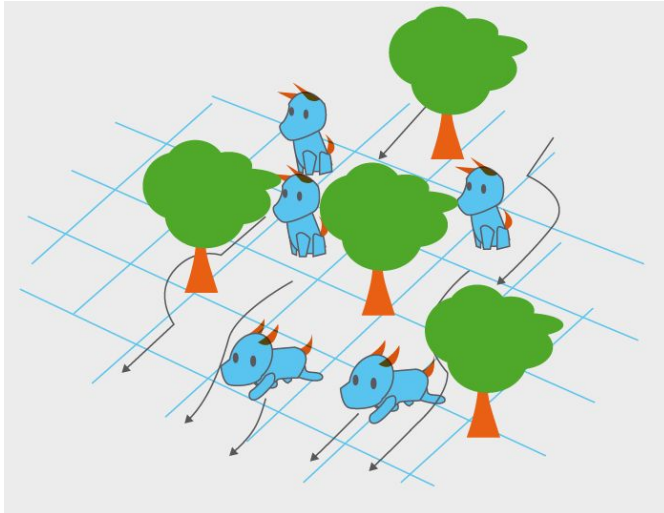
El comportament dels fluids, incloent-hi aquí líquids i gasos, és extremadament costós de calcular i requereix un programari força sofisticat i que aprofiti molt bé les capacitats de l'equip en què s'executa.

Sistemes basats en agents

Animar individualment cada membre d'una **multitud d'individus** pot comportar un cost en temps inassumible per a qualsevol equip d'animadors. Alguns casos senzills, com una bandada d'ocells, es poden simular fent servir partícules, però si els individus tenen un comportament complex (si han d'esquivar obstacles o interaccionar entre ells) s'ha de fer servir un sistema basat en agents.

Vegeu-ne un exemple a la figura 1.12.

FIGURA 1.12. Agents



Un dels primers usos notables d'aquesta tècnica el trobem a l'escena de l'estampida d'*El Rei Lleó*:



https://www.youtube.com/embed/XM_VHtSDMIQ?controls=1



Per definir una animació en aquests sistemes hem d'establir normes generals que han de complir els agents. Per exemple, quina és la distància mínima que han de respectar entre ells, si han de mantenir l'objectiu d'arribar a un cert punt o si la seva velocitat s'ha de mantenir dins d'uns marges. Aquest tipus de programari té una forta relació amb tècniques d'**intel·ligència artificial**, especialment el *pathfinding*, que s'utilitza per calcular els camins de cadascun dels agents de manera que arribin al seu objectiu sense col·lidir entre si o amb l'escenari.

Per tal de previsualitzar aquests tipus d'animacions és important que la targeta gràfica admeti l'ús d'instàncies.

Captura de moviment

Si hi ha prou pressupost, una opció per tal d'assegurar uns moviments precisos i naturals a una animació és capturar-la directament d'un actor. En aquest cas es rep una informació precisa de la posició i l'orientació de cadascuna de les seves **articulacions**, o dels **punts de control** en el cas que es tracti d'una animació facial.

Tot i que aquesta informació és força precisa normalment és necessari fer-la passar per un **procés de filtratge** que suavitzi les inestabilitats que es produeixen en la captura. Addicionalment, una vegada feta la captura sovint s'ha de fer una labor d'adaptació de l'animació per tal d'aconseguir el resultat desitjat.

Vegeu l'explicació extensa a la unitat de "Sistemes de captura de moviment".

1.1.4 Observacions sobre les tècniques avançades

Mentre que les tècniques bàsiques són presents a la gran majoria de programari d'animació 3D generalista, les tècniques avançades sovint van de forma separada en aplicacions independents o *plug-ins*. La raó és que el seu desenvolupament comporta un esforç tècnic considerable i les solen desenvolupar grups i empreses independents.

Entre els diferents programaris que implementen una mateixa tècnica, pot haver-hi unes **diferències significatives** quant al rendiment, la completesa i la facilitat d'ús. Cal conèixer aquestes diferències per tal d'escollir quins programaris convé utilitzar en cada moment.

Per últim, el camp de les tècniques avançades està en constant evolució, de manera que és important mantenir-se actualitzat pel que fa a les noves tècniques que apareixen i les que esdevenen obsoletes tot seguint les notícies del sector.

1.1.5 Aspectes legals

Tant en el treball per compte propi com en la fase d'aprenentatge és important conèixer la **legislació** que afecta l'ús del programari d'animació 3D per tal d'estalviar problemes legals. Tot i que el programari lliure sembla una forma d'estalviar-se aquests problemes també cal tenir en compte que aquest pot comportar uns costos ocults.

Propietat

El programari d'animació 3D es classifica en dos grups respecte a qui té la propietat:

- Programari **propietari**: la propietat és d'una empresa que dona permís a l'usuari per instal·lar-lo en un nombre determinat d'estacions de treball.
- Programari **lliure**: el programari no pertany a ningú i l'usuari pot instal·lar-lo a tantes estacions com vulgui.

Ús

L'ús que es pot fer del material creat amb cada programari ve regulat pel tipus de llicència. L'aspecte més important d'aquestes llicències és si admeten o no l'ús comercial.

- Les llicències que admeten l'ús comercial permeten vendre allò produït amb el programari.

- Les llicències que no admeten l'ús comercial no permeten obtenir un benefici amb allò produït.

Relació entre propietat i ús

En general el programari propietari admet l'**ús comercial**, mentre que el programari lliure pot admetre o no l'ús comercial en funció del tipus concret de llicència sota la qual es distribueix.

També és important remarcar que dintre del programari propietari hi ha **versions de prova** per a estudiants que, tot i que no admeten l'ús comercial, sí que permeten utilitzar els programes amb poques o cap limitació, sempre que l'usuari acreditat estigui cursant estudis relacionats amb el sector.

Hem fet una simplificació, ja que hi ha molts tipus de llicències de programari. Si voleu informar-vos-en en profunditat, consulteu bit.ly/2A8AcvD.

1.1.6 Cost

Quant al cost, el programari propietari té un cert cost per a l'usuari que depèn del nombre d'estacions de treball en què s'instal·li. D'altra banda, el programari lliure en principi no té cost, tot i que cal tenir en compte que el seu ús pot generar despeses en conceptes com suport tècnic o formació.

Sistema de pagament per subscripció

Darrerament entre el programari propietari s'ha popularitzat el sistema de pagament per subscripció en què la llicència d'ús del programari propietari s'abona mensualment, i això facilita l'accés al programari per a petits empresaris i emprenedors.

1.1.7 Diferències entre sectors

Hi ha diferents sectors, o tipus d'activitats econòmiques, on s'utilitza animació 3D. És important conèixer quins són els programaris d'ús més estès en aquests sectors per tal d'aprendre a fer servir les eines més adients.

Els sectors principals on s'aplica animació 3D són videojocs, cinema d'animació i *motion graphics*.

Al sector dels **videojocs** el programari d'animació 3D forma part d'una cadena de producció on l'últim element és el motor de joc, que és qui executa les animacions. És molt important que el programari d'animació pugui exportar les dades en un format que entengui aquest motor. Aquesta dependència del motor de joc fa que sovint hi hagi una sèrie de restriccions respecte al que es pot o no es pot fer, ja que el motor pot no funcionar amb totes les característiques que ofereix el programari d'animació. En general l'animador treballa amb programadors que, coneixedors de les possibilitats del motor, s'encarreguen d'informar-lo de quines

són les limitacions amb què ha de treballar, tot i que també pot negociar ampliar-lo per tal que admeti característiques addicionals. En general les poligonitzacions dels models i la complexitat de les animacions són més baixes en comparació amb el cinema d'animació, tot i que aquesta diferència pot difuminar-se a les grans produccions.

Al **cinema d'animació** en general el programari d'animació 3D té més protagonisme, ja que l'animació no és un element més dintre de la producció sinó l'element principal. En aquest cas no només és més probable que es puguin fer servir totes les capacitats del programari sinó que sovint el programari d'animació s'amplia amb mòduls fets a mida, ja que les productores d'animació contracten programadors amb aquesta finalitat. Quant a la complexitat, els models que s'utilitzen tenen poligonitzacions més altes i les animacions poden ser tècnicament més exigents.

El sector del ***motion graphics*** comprèn animacions curtes que es fan per televisió i internet. La característica principal del sector és que prioritza la productivitat, és a dir, que tot i que cada animació individual no és gaire complexa, s'han de produir moltes animacions. Això fa que es puguin utilitzar programaris d'animació més econòmics en comparació amb la resta de sectors.

1.1.8 Maquinari

A l'hora d'adquirir un programari d'animació 3D és important consultar els **requisits recomanats** de maquinari per tenir una idea aproximada del cost de l'equip necessari. Tot i així, cal tenir en compte que en funció de les dimensions i la complexitat del projecte poden sobrepassar les capacitats del maquinari i patir problemes d'estabilitat tot complint els requisits recomanats.

És important fer **proves de rendiment** amb el programari abans de seleccionar-lo per a un projecte concret o bé consultar experiències de primera mà del maquinari usat per a projectes similars.

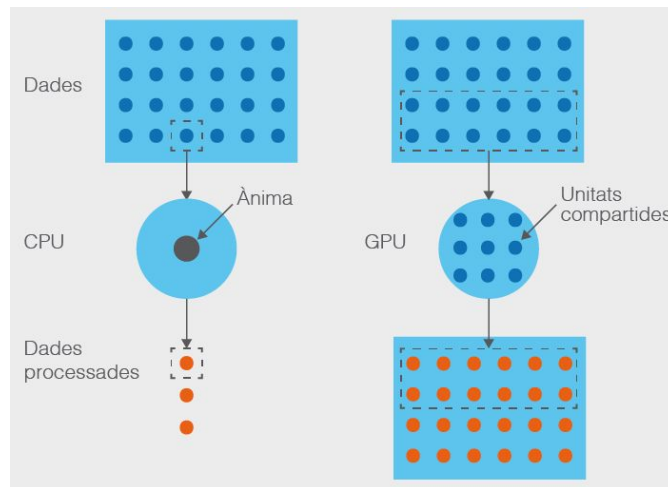
Dins de les diferents opcions disponibles és molt important destacar el paper que tenen les GPU. Moltes simulacions en animació 3D són costoses en temps de càlcul, especialment si impliquen una gran quantitat d'objectes.

Per la seva construcció, les CPU processen els objectes **seqüencialment**, encara que en pugin tractar en paral·lel una certa quantitat segons el nombre de nuclis de què disposen. Aquesta quantitat és baixa en comparació amb altres tipus de processadors, és a dir, les CPU estan dissenyades per fer càlculs complexos sobre un nombre moderat d'objectes.

Per processar molts objectes en paral·lel tenim les **GPU**. Aquestes disposen d'una gran quantitat de petits processadors o *shading units* que els permeten tractar un nombre massiu d'objectes en paral·lel. La contrapartida és que els càlculs que fan per a cada objecte no poden ser gaire complexos.

Vegeu la figura 1.13 per a les diferències entre CPU i GPU.

FIGURA 1.13. Diferència entre CPU i GPU



Les GPU són adients per tractar objectes com vèrtexs o cabells, ja que en aquest tipus d'objectes els càlculs que s'han de fer per cada unitat són relativament senzills, però s'han de tractar una gran quantitat d'unitats. Conscients d'això, des de fa uns anys els fabricants han ampliat la funcionalitat de les GPU per tal que puguin fer càlculs més enllà dels purament gràfics, incloent-hi càlculs físics i inclús d'intel·ligència artificial. En general, sempre que hi hagi un conjunt gran d'objectes per tractar i un càlcul senzill per fer per cada objecte, el càlcul es pot fer més eficientment per GPU.

És important informar-se abans d'adquirir un programari. Per exemple, per a un programari per fer càlculs físics cal saber si fa els càlculs per CPU o per GPU, ja que en el segon cas podem beneficiar-nos d'uns temps de càlcul molt més baixos si disposem d'un equip adient.

1.1.9 Sistema operatiu

La disponibilitat d'un programari d'animació 3D depèn també del **sistema operatiu**.

Hi ha dos grans grups dintre del programari d'animació 3D. D'una banda, els sistemes operatius de **programari lliure** i, de l'altra, els sistemes operatius de **programari propietari**. La decisió d'utilitzar-ne un o un altre té les mateixes implicacions que la diferència entre fer servir un programari d'animació propietari o lliure.

Tot i que aquesta diferència va minvant, el programari lliure en general requereix uns coneixements tècnics més alts per part de l'usuari o del responsable de manteniment d'equips, factor que també s'ha de tenir en compte a l'hora d'optar per aquesta solució.

Dintre dels sistemes operatius de programari lliures destaca Linux i les diferents distribucions sota les quals està disponible.

1.1.10 Forma de distribució

El programari d'animació es pot distribuir de diferents formes:

- **Aplicació independent**, és a dir, com un programa complet instal·lat a l'ordinador.
- **Plug-in**, és a dir, com un complement instal·lat per fer-lo servir a una aplicació.
- **Mòdul dintre d'una aplicació**, és a dir, com una part especialitzada dins d'una aplicació.

Quan es distribueix com a aplicació, a més, es distingeixen dos grans grups: programaris generalistes i programaris especialitzats. Els programaris generalistes són com una gran caixa d'eines que ens serveix per a quasi qualsevol situació. Implementen el que hem anomenat tècniques comunes i inclouen un ventall més o menys gran de les tècniques avançades, sovint en forma de mòdul dins de l'aplicació, tot i que normalment aquestes tècniques no són les millors disponibles al mercat. La majoria de programaris generalistes, a més, poden ampliar la seva funcionalitat amb *plug-in*.

La simulació de fluids és un cas típic de programari especialitzat.

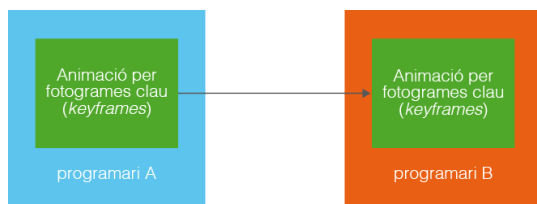
Els programaris especialitzats són una eina per fer una tasca molt concreta i presenten la situació contrària als programaris generalistes: implementen amb molta qualitat principalment una sola tècnica, sovint alguna de les avançades, i poden incloure també tècniques comunes, tot i que amb menys qualitat que en un programari generalista.

És important distingir la diferència entre un **mòdul** i un **plug-in**. La diferència principal és que el mòdul forma part de l'aplicació mentre que els *plug-ins* estan formats per fitxers externs a l'aplicació que s'instal·len a part.

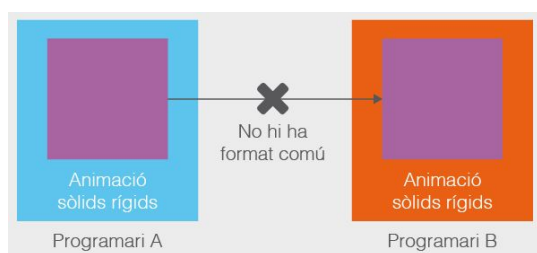
Quant a la interfície, els *plug-ins* solen presentar una interfície pròpia mentre que els mòduls, com que estan integrats a l'aplicació, tenen una interfície més similar a la resta de l'aplicació. Tot i així pot passar que alguns mòduls que en origen han estat *plug-ins* o aplicacions independents que l'empresa fabricant del programari generalista ha adquirit, retenguin part de la seva interfície original i presentin peculiaritats a l'hora d'usar-los.

1.1.11 Interoperativitat

La interoperativitat entre dos programaris és la capacitat que tenen per **intercanviar dades**. En el cas de les animacions, per intercanviar dades en la direcció A cap a B, o bé en la direcció contrària, tal com presenta la figura [1.14](#).

FIGURA 1.14. Interoperativitat amb tècniques comunes

En general, en l'ús de **tècniques comunes** (per exemple, l'animació per fotogrames clau o *keyframes*) no és gaire difícil transmetre una animació d'un programari a un altre. La raó és que són tècniques molt establertes i compartides per un ampli ventall de programaris, així que al llarg del temps s'ha fet un esforç per trobar formats de dades comuns. En canvi, quan es fan servir tècniques avançades per a una animació (per exemple, una simulació física) sovint no es pot transmetre amb tanta facilitat (vegeu la figura 1.15), ja que hi ha fortes diferències en la forma com es treballa amb un programari i un altre, a més d'una forta competència entre els diferents fabricants. Aquests factors dificulten trobar formats comuns.

FIGURA 1.15. Interoperativitat amb tècniques avançades

Un exemple clar és Autodesk.

Tot i això, quan diferents aplicacions independents són del mateix propietari, aquest fa un esforç perquè puguin intercanviar animacions tant creades amb tècniques comunes com avançades, encara que continuen havent-hi limitacions.

Eines per millorar la interoperativitat

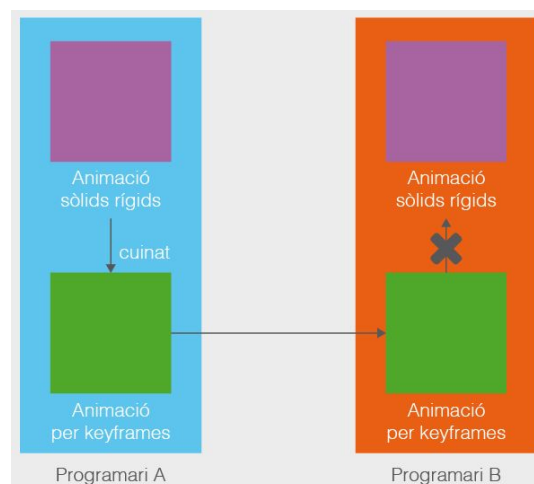
Per facilitar l'intercanvi d'animacions entre aplicacions tenim dues eines principals: el **cuinat** i els **formats de fitxers comuns**.

Cuinat

El **cuinat**, o *baking*, consisteix a reinterpretar una animació produïda amb una tècnica complexa com si hagués estat produïda amb una altra de més simple.

Cuinat d'una simulació de físiques

En el cuinat d'una simulació de físiques per produir fotogrames clau (*keyframes*) que representen exactament la mateixa animació (vegeu la figura 1.16), aquests fotogrames es poden transmetre a una altra aplicació per continuar-hi treballant.

FIGURA 1.16. Cuinat

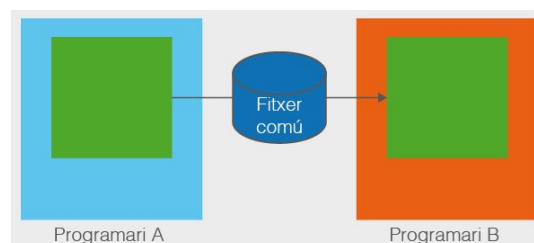
Normalment tots els programaris que implementen tècniques avançades disposen d'una opció per cuinar les animacions com si haguessin estat fetes amb tècniques comunes. Això permet transmetre aquestes animacions a un altre programari i fer ajustos fins per acabar d'adaptar l'animació a les necessitats.

A canvi, cal tenir en compte que el cuinat és un procés destructiu, ja que en cuinar les animacions es perd l'opció de continuar modificant-les amb la tècnica utilitzada (vegeu la figura 1.16). Per exemple, si cuineu una simulació de físiques en fotogrames clau ja no podreu modificar la simulació de físiques, només ajustar-la.

Així doncs, la recomanació és deixar-ho sempre com a pas final i conservar en la mesura que sigui possible les dades de l'animació inicial, per si cal tornar enrere.

Formats de fitxers comuns

Una altra opció per intercanviar animacions entre programaris és utilitzar alguns formats de fitxer que han esdevingut estàndard per transmetre-les (vegeu la figura 1.17). Aquests fitxers quasi sempre permeten transmetre animacions produïdes amb tècniques comunes. Per a tècniques avançades cal consultar la documentació disponible, per saber si les admeten o no.

FIGURA 1.17. Fitxer comú

Quan s'exporten les dades d'una animació a un format de fitxer comú pot passar que algunes es conservin i d'altres es perdin si el fitxer no les admet. En aquest cas una solució és cuinar l'animació abans d'exportar-la, tot i que es perd la possibilitat de modificar els paràmetres utilitzats per generar-les. Sovint els formats de fitxer

Cal recordar que sempre hi ha un format de fitxer propi de l'aplicació que guarda totes les dades, siguin de tècniques comunes, avançades o de qualsevol altre tipus.

també imposen algun tipus de limitació sobre aspectes com la longitud màxima del nom d'un objecte o la duració màxima que pot tenir una animació.

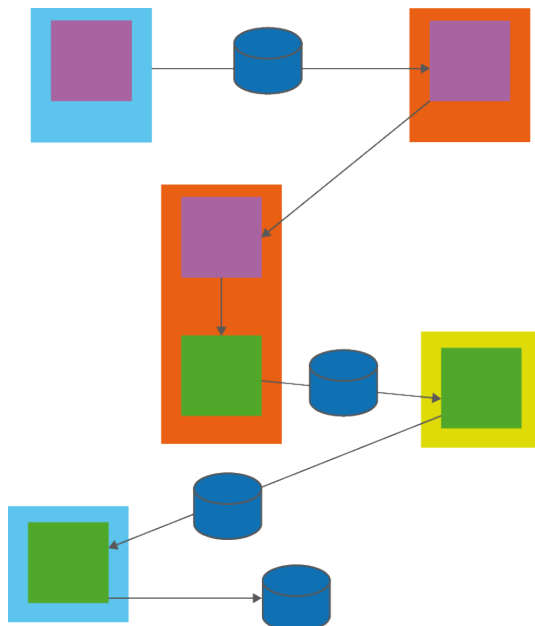
Flux de treball

Una vegada avaluades les opcions i seleccionat el programari i maquinari necessari per a un projecte, es crea un *pipeline* de treball.

El flux de treball o *pipeline* es pot veure com una espècie de **cadena de muntatge** formada per tot el programari utilitzat en un projecte juntament amb les rutes que segueixen les dades a través seu.

Es pot representar com un **graf**, on cada node és un programa i cada aresta, una operació d'exportació o importació, tal com presenta la figura 1.18.

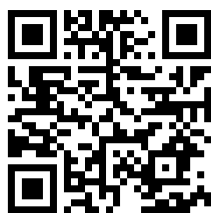
FIGURA 1.18. Flux de treball



És important fer proves i estudiar també les diferents opcions per exportar i importar dades d'un programari a un altre, escollint els formats de fitxer més adients i els punts per a les operacions de cuinat fins a trobar la millor forma que les dades circulin pel flux de treball.

Cas pràctic

Al següent vídeo podeu veure un cas real on s'ha de formar un **flux de treball** o *pipeline* entre els programaris Maya i Unity3D. Observeu les dificultats que poden sorgir i el paper dels fitxers de format comú i el cuinat:



<https://player.vimeo.com/video/246937602>

1.2 Espai 3D

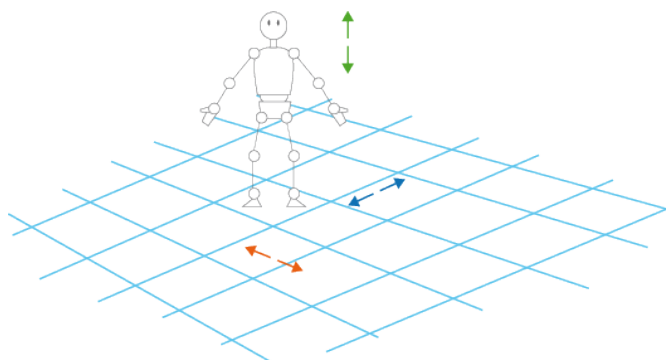
Tot i que la producció d'animacions és un treball artístic, cal conèixer alguns fonaments teòrics i de càlcul sobre els espais 3D.

1.2.1 Sistema de referència

És important insistir en la diferència entre direcció i sentit. En el llenguatge habitual no es distingeix entre direcció i sentit, mentre que matemàticament sí que hi ha diferència.

Cadascuna de les direccions en què l'usuari es pot moure de forma independent és una **dimensió**. Vegeu la figura 1.19.

FIGURA 1.19. Dimensions



En un espai d'una dimensió només hi ha una direcció per moure's independentment, que és una recta. Vegeu la figura 1.20.

FIGURA 1.20. Direcció



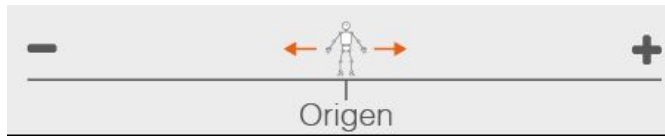
Dins d'una direcció hi ha dos sentits, el positiu i el negatiu, que depenen d'on es miri dins de la recta. Vegeu la figura 1.21.

FIGURA 1.21. Sentits



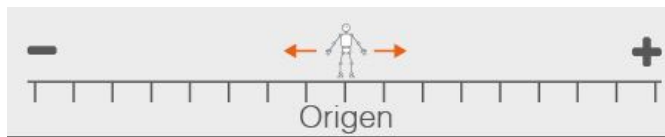
Una vegada definits els sentits, se situa un punt d'origen. Vegeu la figura 1.22.

FIGURA 1.22. Origen



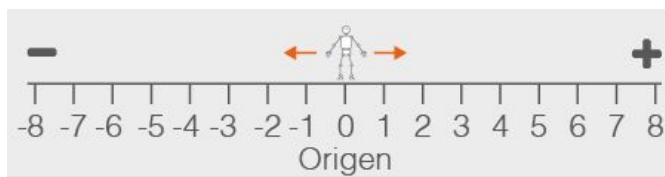
Una vegada definits els sentits i el punt d'origen, es fixa una escala que defineixi quina longitud tenen les unitats en aquesta dimensió, Vegeu la figura 1.23.

FIGURA 1.23. Unitats



Un cop tenim aquests elements, l'usuari pot situar-se a qualsevol punt d'aquesta dimensió fent servir un número anomenat coordenada. Vegeu la figura 1.24.

FIGURA 1.24. Coordenades



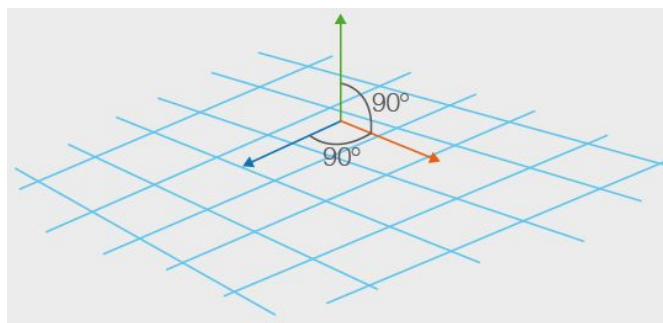
Matemàticament, la forma més adequada d'establir l'escala i el sentit positiu és utilitzar un vector, tal com podeu veure a la figura 1.25, que es defineix com una quantitat que apunta dins una direcció en un sentit concret. Aquest vector se situa a l'origen i, dins de l'escala, és unitari, és a dir, té longitud 1.

FIGURA 1.25. Vector

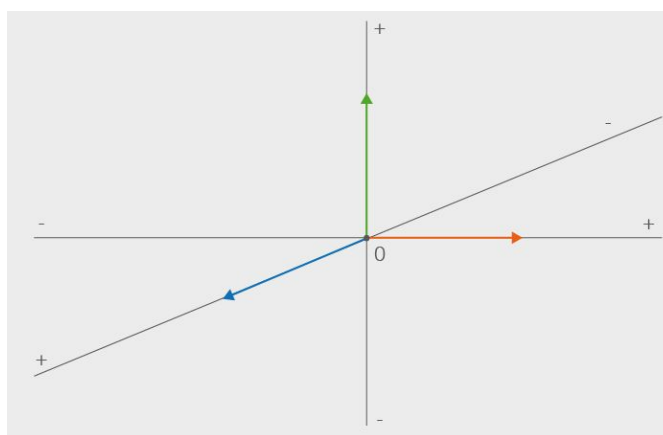


En un espai de més d'una dimensió aquestes operacions s'han de fer per a cada una, i això dona un vector per a cada direcció.

El conjunt dels vectors unitaris per a les diferents dimensions s'anomena **base**. Si dins d'aquesta base els vectors són **independents**, és a dir, no se'n pot obtenir un combinant els altres, es diu que la base és **ortonormal**. En aquest cas els vectors formen angles de noranta graus entre ells, com en la figura 1.26. Aquest és el tipus més comú de base en animacions a l'espai 3D.

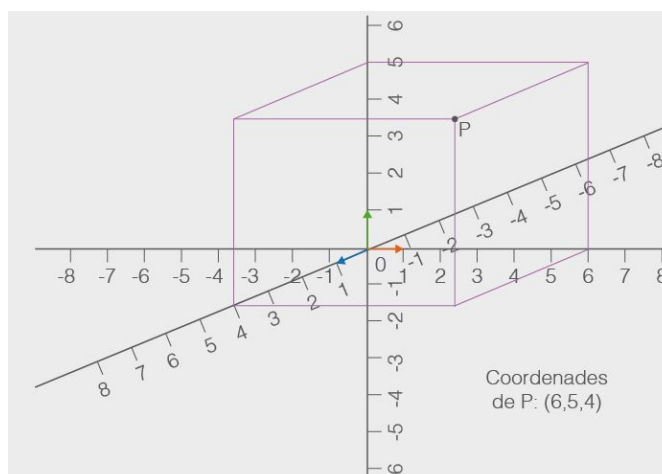
FIGURA 1.26. Base ortonormal

Quan a la base s'afegeix un punt d'origen comú per a totes les dimensions, apareix un **sistema de referència** (vegeu la figura 1.27).

FIGURA 1.27. Sistema de referència

1.2.2 Coordenades de posició

En un **sistema de referència** s'hi situa qualsevol punt a l'espai amb les seves coordenades respecte al sistema de referència. Aquestes coordenades consten d'un número per dimensió multiplicat pel vector corresponent de la base i el resultat se suma al punt d'origen. Vegeu la figura 1.28.

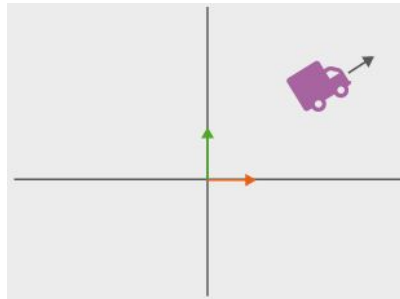
FIGURA 1.28. Coordenades 3D

Les coordenades per si mateixes no ens serveixen per situar un punt a l'espai, sinó que són les **coordenades interpretades en el sistema de referència** el que ens permet situar el punt.

1.2.3 Coordenades d'orientació

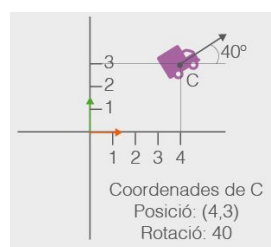
A l'hora de situar objectes dins d'un espai, a més de la seva posició, és necessària una forma de definir la seva **orientació**, és a dir, cap a on mira l'objecte. Per això s'han de definir unes **coordenades d'orientació**, com en l'objecte de la figura 1.29.

FIGURA 1.29. Objecte orientat



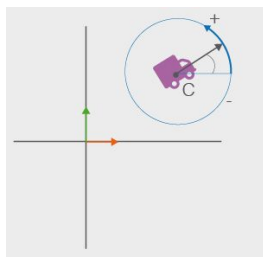
En el cas d'un espai de dues dimensions, que és el cas mínim, n'hi ha prou amb **una coordenada**, l'angle que forma respecte a l'eix horitzontal, com en la figura 1.30.

FIGURA 1.30. Coordenades de posició i orientació



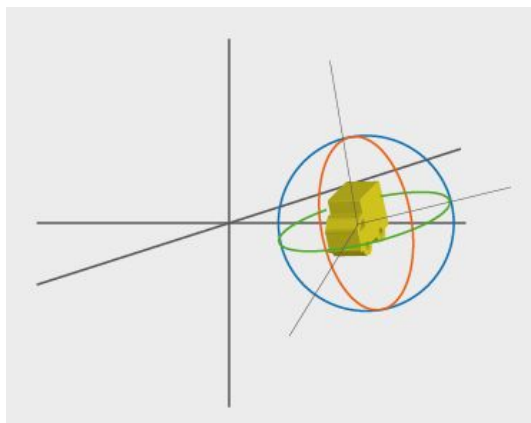
Com en el cas de la posició, es pot definir un sentit positiu i negatiu de l'orientació. Vegeu la figura 1.31.

FIGURA 1.31. Sistema de referència per a l'orientació



Les coordenades de rotació a l'espai 3D presenten força particularitats, però en general cal un angle per eix. Vegeu la figura 1.32.

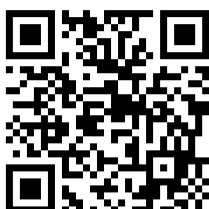
FIGURA 1.32. Orientació a l'espai 3D



1.2.4 Ampliació de conceptes

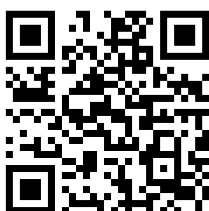
Per ampliar els conceptes de sistema de referència i coordenada i comprendre millor com opera amb la geometria dels objectes un programari gràfic 2D/3D, vegeu aquest vídeo en dues parts:

Primera part:



<https://player.vimeo.com/video/246937501>

Segona part:



<https://player.vimeo.com/video/246937548>

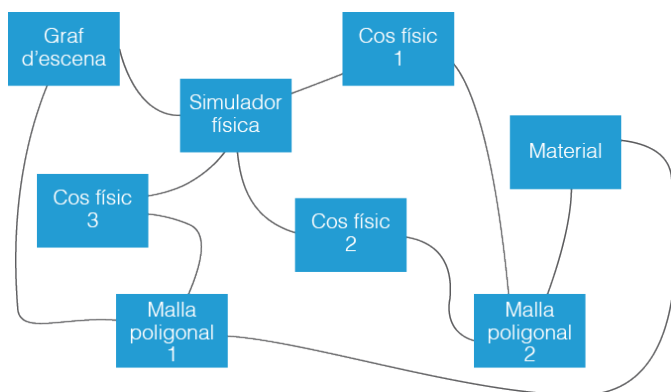
1.3 Finestres comunes

A pràcticament tot el programari d'animació 3D es poden reconèixer una sèrie de finestres i panells comuns. Aquestes finestres es fan servir sobretot en les anomenades **tècniques comunes**.

1.3.1 Graf d'escena i jerarquia

En general les dades que fa servir un programari d'animació 3D cal pensar-les com un **graf**, és a dir, una sèrie de nodes que contenen informació i que es connecten amb altres nodes establint relacions (vegeu la figura 1.33). Per exemple, un node de física pot connectar-se amb tots els cossos que simula.

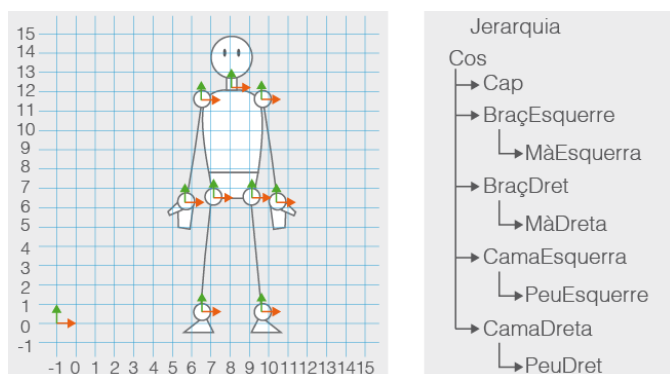
FIGURA 1.33. Graf d'escena



Dintre d'aquestes relacions n'hi ha una en particular que és l'**emparentament**, que permet organitzar alguns d'aquests nodes com una jerarquia (vegeu la figura 1.34), de manera que cada node té un pare o ascendent i un o més fills. Les operacions bàsiques que ofereix la finestra de jerarquia són emparentar nodes, és a dir, establir quin és el pare d'un node concret, i desemparentar-los.

Els nodes que no estan emparentats amb cap altre node es consideren emparentats amb l'escena.

FIGURA 1.34. Emparentament



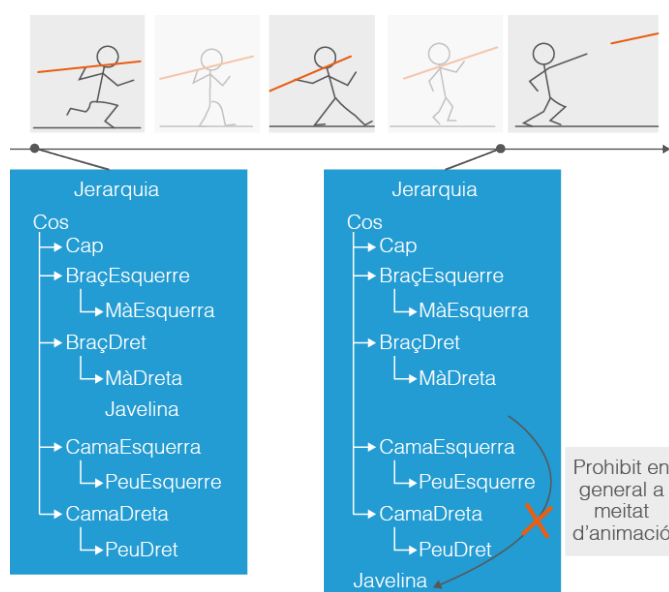
És important notar que des del punt de vista de l'animació en general pot resultar

problemàtic fer animacions on la jerarquia es modifiqui dinàmicament, és a dir, que un objecte canviï o perdi el pare durant l'animació. Típicament, una vegada establerta una jerarquia, aquesta és fixa durant tota l'animació.

Personatge que llença un objecte

En una animació on un personatge porta un objecte a la mà que vol llençar, en el moment en què llença l'objecte ja no interessa que es mantingui la relació jeràrquica amb el pare, tal com podeu veure en la figura 1.35.

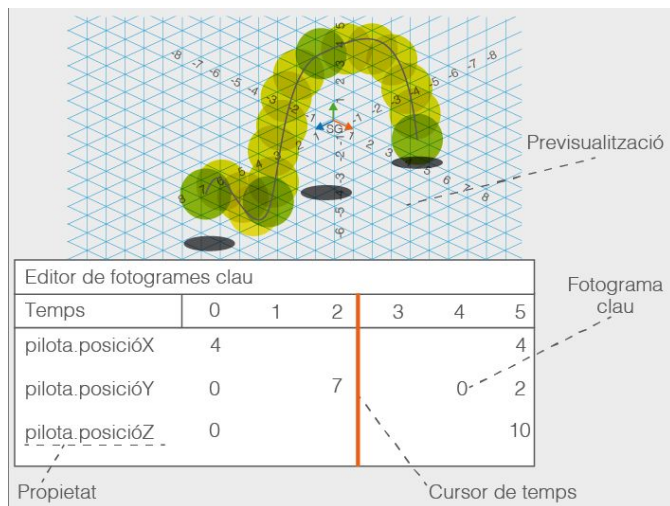
FIGURA 1.35. Jerarquia dinàmica



Tot i això, hi ha eines i trucs per resoldre casos com aquest. Per exemple, amb un tipus de **restricció especial** que simuli que l'objecte està emparentat o bé treballant amb dos objectes idèntics, un d'emparentat i l'altre no, i amagar o mostrar el que convingui en cada moment.

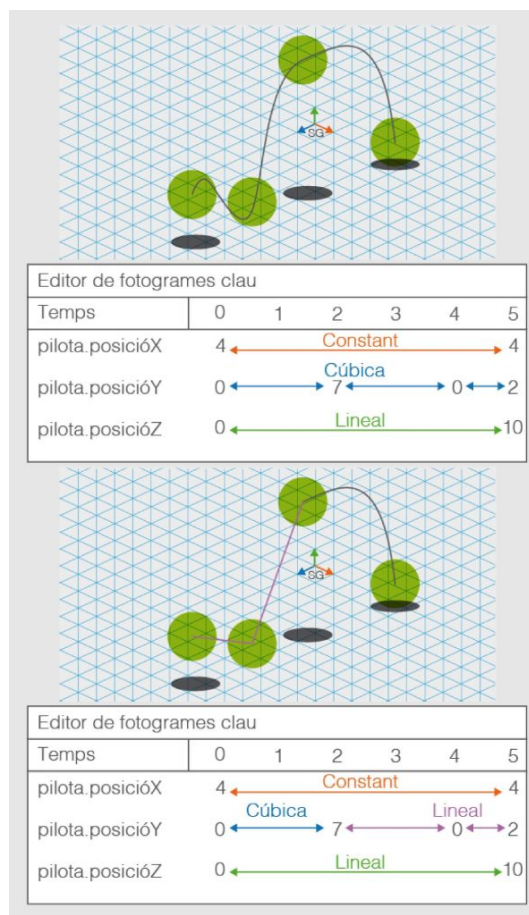
1.3.2 Editor de fotogrames clau ('keyframes')

Una de les eines més bàsiques en qualsevol programari d'animació 3D és la finestra per editar els fotogrames clau (*keyframes*). Des d'aquesta finestra s'estableix **com han d'evolucionar els valors de les propietats** al llarg del temps (vegeu la figura 1.36) que finalment donen lloc a l'animació.

FIGURA 1.36. Editor de fotogrames clau

Les operacions bàsiques que permet aquesta eina són:

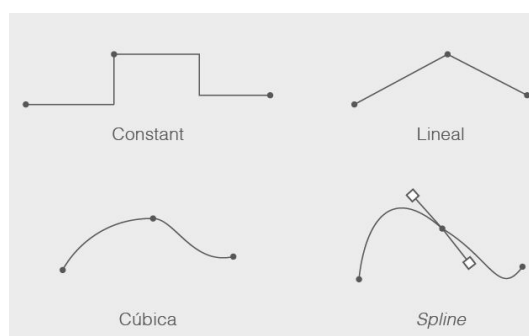
- Afegir/treure les propietats que s'han d'animar.
- Desplaçar-se a un fotograma concret amb la **línia de temps**.
- Afegir/treure un fotograma clau (**donar un valor concret** a una propietat en un moment del temps).
- Establir quin tipus d'**interpolació** es vol aplicar a la propietat a l'hora de calcular els valors intermedis (vegeu la figura 1.37).
- En alguns tipus d'interpolació, a més, **ajustar les tangents** de la corba d'interpolació per fer un ajust més fi.
- En el cas de les rotacions, a més, seleccionar si han de fer servir **angles d'Euler** o **quaterns**.

FIGURA 1.37. Canvi de tipus d'interpolació

En l'apartat "Els fotogrames clau i l'animació en 3D" de la unitat "Animació d'elements 3D" s'analitza extensament la interpolació.

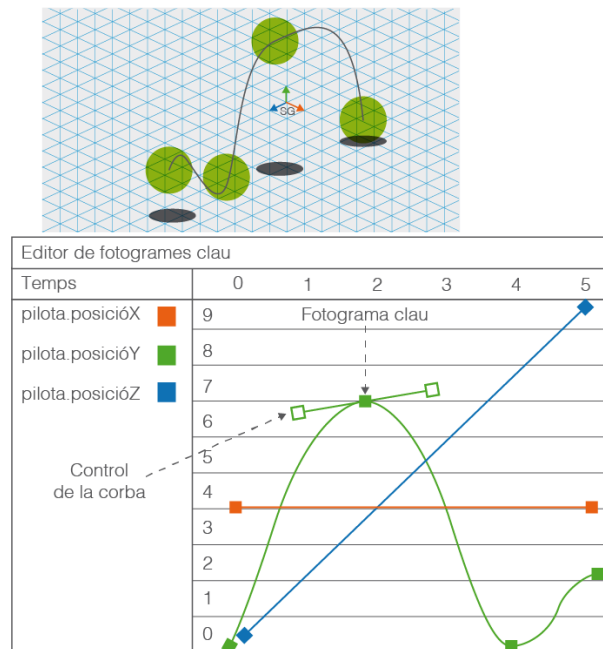
La interpolació que pateixen les propietats entre fotogrames clau (*keyframes*) pot ser de diferents tipus. Segons el programari, poden ser uns tipus o uns altres. Alguns exemples en la figura 1.38 són:

- Interpolació **constant**: no hi ha variació.
- Interpolació **lineal**: el valor passa d'un a l'altre mantenint un ritme d'increment constant.
- Interpolació **cúbica**: la interpolació fa una corba suau que no es pot modificar.
- Interpolació **per spline**: la interpolació consisteix en una corba que l'usuari pot modificar amb **punts de control**.

FIGURA 1.38. Tipus d'interpolació

Per tal de poder controlar-la, l'editor de fotogrames clau sol tenir una **segona vista** que mostra les corbes d'interpolació, com en la figura 1.39, i segons el tipus que sigui li permet modificar-les.

FIGURA 1.39. Editor de corbes



1.3.3 Editor no lineal

Hi ha una limitació amb la finestra d'edició de fotogrames clau: només permet definir l'animació **seqüencialment**, és a dir, s'ha de fer tota l'animació des del principi fins al final, encara que alguns trossos es repeteixin.

Personatge que repeteix una animació

Per animar un personatge que fa tres salts cal tornar a fer l'animació de salt tres vegades. Vegeu la figura 1.40.

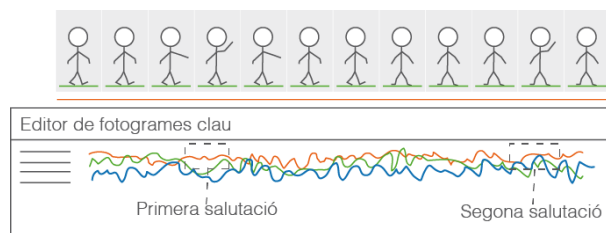
FIGURA 1.40. Animació repetida



Una altra limitació és que **no es poden reaprofitar** diferents animacions que afecten una part d'un objecte.

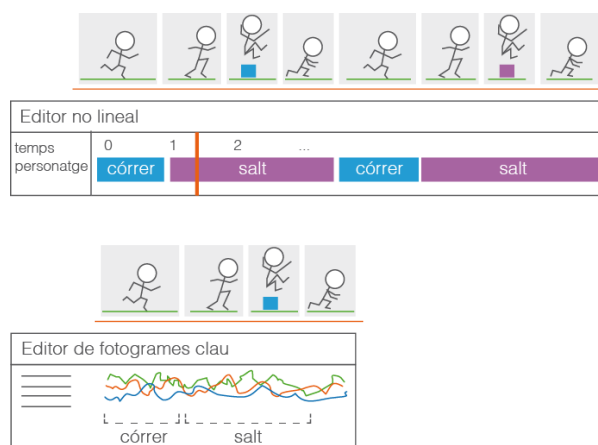
Personatge que repeteix una animació amb una part del seu cos

Si un personatge saluda amb la mà mentre camina i més endavant torna a saludar però aturat, cal fer l'animació de la part superior del cos dues vegades, encara que probablement sigui idèntica. Vegeu la figura 1.41.

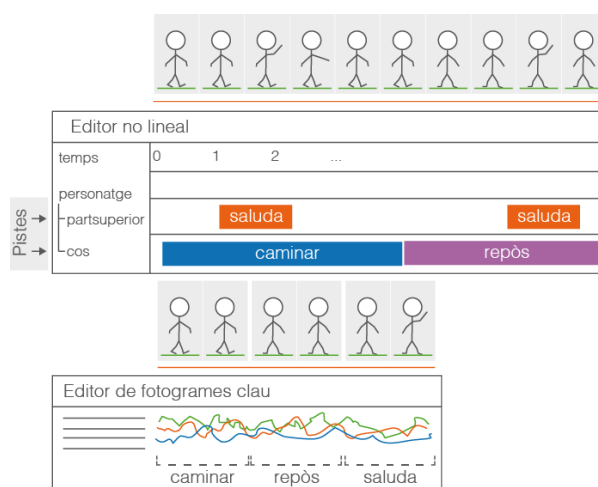
FIGURA 1.41. Animació parcial repetida

La solució a aquest problema és utilitzar un **editor no lineal**. L'editor no lineal és com un gran **mesclador** on, una vegada definides les animacions amb l'editor de fotogrames clau, s'estableix **quines animacions i en quin moment** es reproduiran.

Això permet, entre altres avantatges, reproduir **diverses vegades** un tros d'animació en diferents punts. Vegeu la figura 1.42.

FIGURA 1.42. Animació repetida amb editor no lineal

En aquests editors, a més, es poden **definir pistes** per aplicar les animacions a diferents parts d'un mateix objecte. Vegeu la figura 1.43.

FIGURA 1.43. Animació parcialment repetida amb editor no lineal

1.4 Utilització del so

Una animació està formada per una part visual, però també inclou un aspecte sonor amb el qual s'estableix una **interrelació**. Això vol dir que hi ha **dues formes de treballar** amb el so. O bé una vegada produïda l'animació aquesta se sonoritza, o bé el so ja produït s'utilitza com a base per fer l'animació.

A més, quan s'utilitza el so cal conèixer i adoptar regles i elements d'ús habitual al cinema, com els *leitmotifs* o l'ús de *cues*.

1.4.1 Música

La música es fa servir principalment per **establir una connexió emocional** amb l'espectador per tal de poder influenciar els seus sentiments, ja que de fet és la música i no la imatge la que s'ocupa principalment d'aquest aspecte. Aquesta influència s'ha de fer amb delicadesa per tal de respectar també els sentiments propis de l'espectador i no forçar-lo tampoc a sentir-se d'una certa manera.

Tipus

Podem classificar la música en dues categories: **banda sonora** i **score**.

El terme *banda sonora* també s'utilitza per referir-se a tot el so que acompanya una pel·lícula, però referit a les cançons que s'utilitzen en una pel·lícula amb **sentit per si mateixes**. És a dir, la banda sonora **acompanya la imatge**, però no té una sincronia estreta amb aquesta imatge, a diferència de l'**score**.

Banda sonora

Moltes cançons de la pel·lícula *The Bodyguard* poden escoltar-se de manera independent, tot i que s'utilitzen a la pel·lícula.



<https://www.youtube.com/embed/3JWTaaS7LdU?controls=1>



Un exemple d'ús de l'**score** al cinema pot ser la seqüència inicial de la pel·lícula *Raiders of the Lost Ark*, on se succeeixen moltes seqüències musicals segons el que passa a la pantalla. Visualitzeu la seqüència esmentada:



<https://www.youtube.com/embed/mC1ikwQ5Zgc?controls=1>

L'*score* d'una pel·lícula és un conjunt de músiques que es programen **per començar i acabar en moments concrets**, en sincronia amb el que succeeix a la pantalla. Aquestes peces de música s'anomenen *cues*. A diferència de la banda sonora, que pot existir prèviament, l'*score* es produeix **conjuntament amb l'animació**.

Usos

La música en animació 3D, igual que al cinema en general, pot tenir diferents usos. En primer lloc és una forma d'**influir en l'estat emocional** de l'espectador, ja que podem tancar els ulls i continuar connectats emocionalment amb una pel·lícula, mentre que si veiem les imatges sense so semblen fredes i distants. El so precedeix la imatge.

En general la música té la responsabilitat de **donar el to emocional** a una escena. Per aquesta raó, en el plantejament d'una animació s'han de preveure temes o petites peces de música per a cada un d'aquests estats, entre altres. Alguns exemples són:

- Música o tema per a seqüències **d'acció**
- Música o tema per a seqüències **dramàtiques**
- Música o tema per a moments **de transició**
- Música o tema per a moments de **tensió**
- Música o tema per a moments de **tranquil·litat**

Un exemple clàssic és el *leitmotiv* de Darth Vader a *Star Wars*, que també es fa servir per identificar l'imperi galàctic:



<https://www.youtube.com/embed/PyxoAkSs154?controls=1>

Un altre ús de la música és **identificar** un personatge, lloc o concepte. Tot i que és una tècnica que no s'utilitza d'una forma tan ostentosa com fa uns anys, la música també s'utilitza per identificar elements de les pel·lícules. A més d'un personatge, un lloc o un objecte, també podem tenir músiques que representen conceptes més abstractes com l'amor o l'odi. Aquests petits fragments fàcilment identificables s'anomenen *leitmotiv*.

1.4.2 Efectes de so

Molts dels sons que acompanyen una seqüència transmeten el **món físic** en què es produeix l'acció. Per exemple, els sorolls de passes o d'una porta al tancar-se.

Tot i que en el cinema d'acció real aquests sons es poden gravar directament durant el rodatge, a la pràctica els sons **s'afegeixen posteriorment** pels artistes de *foley*, que els **recreen** amb diferents instruments i eines.

Vegeu com a exemple la feina d'un artista de *foley*:



<https://player.vimeo.com/video/11436985>



Tanmateix, hi ha tècniques per fer-ho amb simulacions físiques.

En una animació 3D normalment no hi ha l'opció de capturar els sons. I encara que es pugui, a la pràctica **es procedeix com al cinema d'acció real** i el so s'afegeix **a posteriori**.

1.4.3 Veu

El *voice over* és tot el diàleg que es produeix en un film. A diferència del cinema tradicional, on quasi sempre es captura durant la mateixa filmació, al cinema d'animació 3D el *voice over* es produeix quasi sempre **de manera independent**, en un estudi de gravació, a menys que es capturi **conjuntament** amb l'animació facial.

En aquest vídeo veieu diferents exemples de sessions de gravació del diàleg per animació tradicional:



https://www.youtube.com/embed/sn_30o3gCDg?controls=1



I al següent vídeo, visualitzeu un exemple de captura conjunta de veu i animació facial, tot i que no és el cas habitual fora de grans produccions:



<https://www.youtube.com/embed/NooE3E6Dsh8?controls=1>



1.4.4 Integració

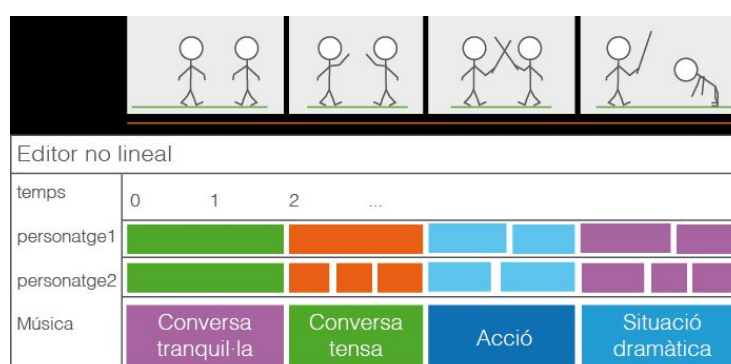
En general hi ha dues possibilitats per integrar so i animació: es produeix primer el so i es fa l'animació amb el so de base (vegeu la figura 1.44) o bé es produeix l'animació primer i se sonoritza després.

FIGURA 1.44. Animació a partir del so



L'eina principal per fer això és l'**editor no lineal**, amb el qual, a més de situar les animacions dels diferents personatges, se situen els clips amb les músiques, tant si formen part de la banda sonora com especialment si formen part de l'*score*, ja que aquests han de començar i acabar en punts concrets, tal com podeu veure en la figura 1.45.

FIGURA 1.45. Afegir 'score' amb editor no lineal



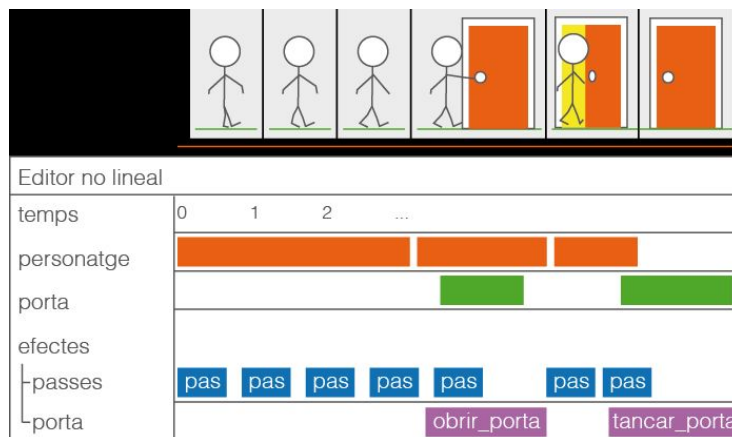
En cas que l'*score* ja estigui compost, el procés és a la inversa: primer cal afegir-lo a l'editor i després **compondre l'animació d'acord amb aquest**. L'editor normalment ofereix una simulació en viu de la sonorització.

Vegeu exemples pràctics en l'apartat de "Càmeres i rutes de moviment" de la unitat "Animació d'elements 3D".

L'editor de fotogrames clau també pot oferir l'opció d'afegir un clip de so per fer la sincronització labial (*lip sync*) a partir del diàleg que s'ha d'animar. Vegeu la figura 1.46.

FIGURA 1.46. Sincronització labial

Quant als efectes de so, es poden afegir a l'editor no lineal, per sincronitzar-los amb l'animació (vegeu la figura 1.47) o es pot produir tota l'animació i fer la sonorització a partir d'aquesta.

FIGURA 1.47. Efectes de so

2. Tècniques de moviment, rotació i escalat d'objectes

Presentem els sistemes de coordenades amb què treballa Maya així com les eines per situar objectes amb precisió dins d'aquests sistemes.

Per poder seguir correctament les indicacions d'aquest apartat heu de fer servir la versió **2017 de Maya**.

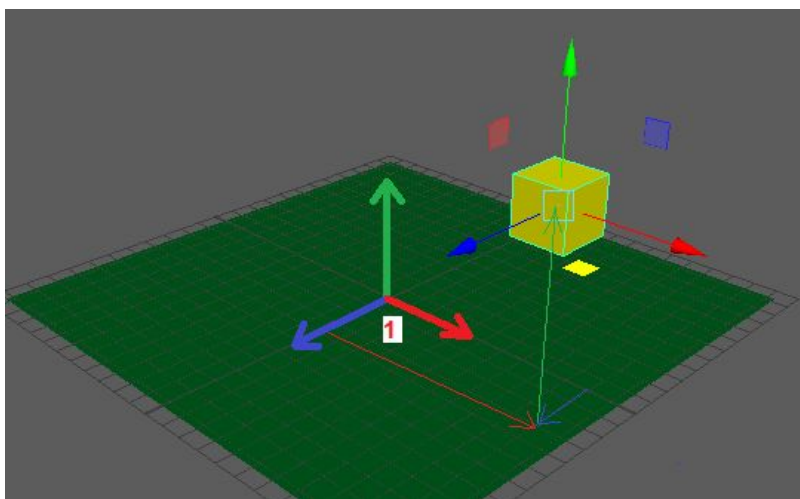
2.1 Espais de coordenades

Maya té **tres sistemes** principals de coordenades anomenats **espais**. Per defecte tots els sistemes són **dextrogirs** i l'eix vertical és l'**Y**.

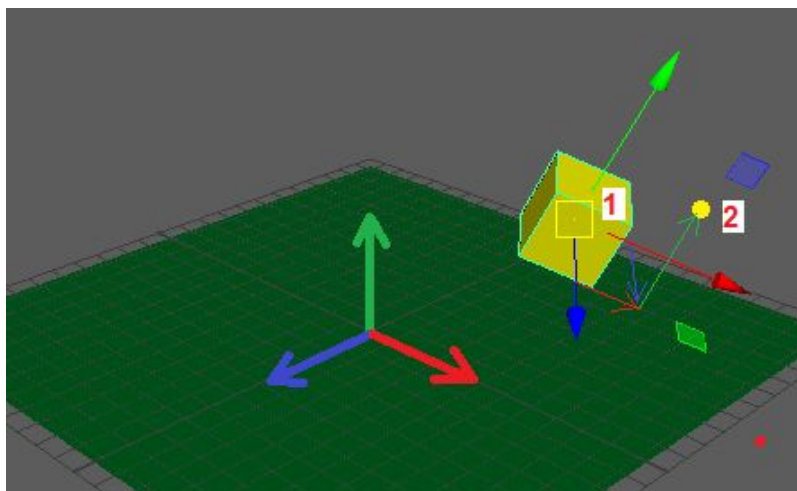
1. Espai món (*world space*): correspon al sistema de coordenades **global** de l'escena, és a dir, el que està situat al punt (0, 0, 0) (vegeu la figura 2.1 punt 1). Aquest sistema no es pot moure.

Trobareu una definició d'aquests conceptes a la secció "L'espai 3D" de l'apartat "El programari d'animació 3D". Convé que us el llegiu abans d'abordar aquest apartat.

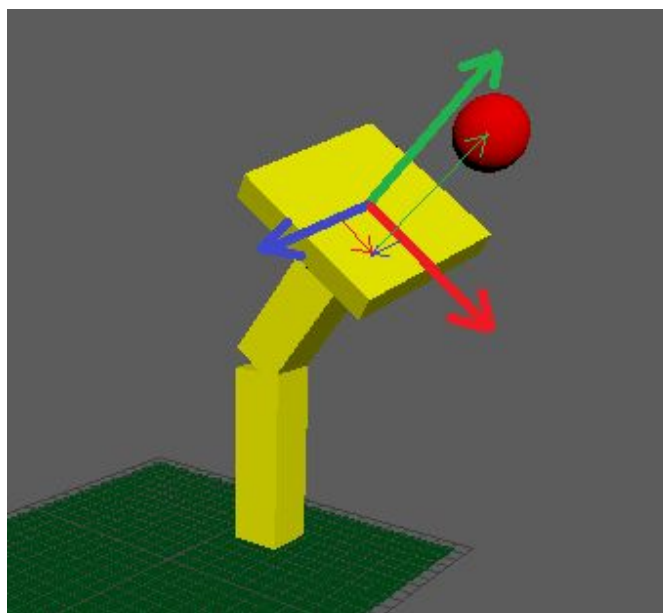
FIGURA 2.1. Espai món



2. Espai d'objecte (*object space*) correspon al sistema de coordenades propi de l'objecte, que té el seu origen al **punt de pivot** (vegeu la figura 2.2 punt 1). Aquest sistema acompanya tots els moviments de l'objecte i les coordenades dels vèrtexs es defineixen respecte a aquest (vegeu la figura 2.2 punt 2).

FIGURA 2.2. Espai d'objecte

3. Espai local (*local space*): sistema de coordenades que té l'origen en el **sistema de referència d'objecte del pare** a la jerarquia. Per als objectes que no tenen pare a la jerarquia aquest sistema és l'espai món (vegeu la figura 2.3).

FIGURA 2.3. Espai local

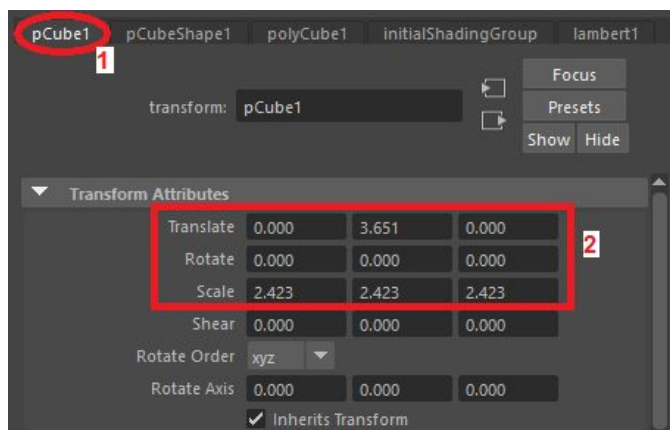
Amb les diferents eines de **transformació** d'objectes l'efecte obtingut és diferent **segons el sistema de referència** usat.

2.2 Transformacions

El terme **transformació** és una forma de resumir les coordenades que serveixen per situar un cos a l'espai, és a dir, **translació, rotació i escalat**.

Aquestes coordenades es poden consultar **seleccionant un objecte** i obrint l'**editor d'atributs** a *Windows> General Editors> Attribute Editor* en la primera pestanya (figura 2.4 punt 1), sota la categoria *Transform Attributes* (figura 2.4 punt 2).

FIGURA 2.4. Atributs de transformació



A Maya hi ha eines per moure, girar i escalar un objecte. S'anomenen globalment **eines de transformació**.

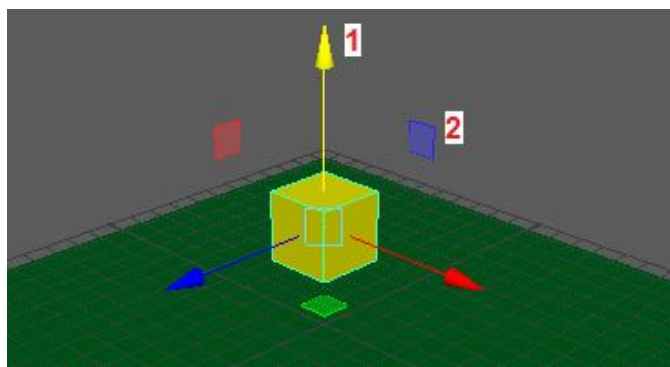
2.2.1 Translació

Dins del llenguatge de Maya, la translació és el **desplaçament** que té un objecte respecte a l'espai món o respecte a l'espai d'objecte del pare, si forma part d'una jerarquia. És a dir, les seves coordenades a l'espai de coordenades **local**.

Per desplaçar un objecte a una **nova posició** cal **seleccionar-lo** i **activar** l'eina *Moure*. Aquesta eina es pot activar prement la icona al menú *Modify> Transformation tools> Move tool* o amb la drecera de teclat **W**.

Una vegada activada, l'objecte es desplaça **arrossegant qualsevol dels eixos** amb el botó esquerre del ratolí (figura 2.5 punt 1) o al pla XY, ZY o XZ **arrossegant els manipuladors** en forma de quadre (figura 2.5 punt 2).

FIGURA 2.5. Moure un objecte



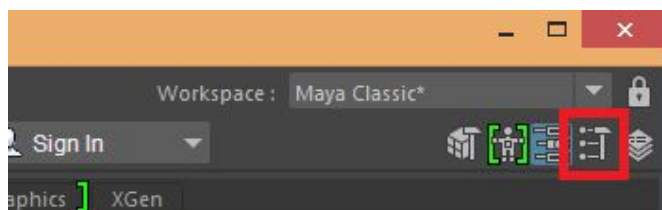
En fer-ho, canvia l'atribut *Translation* en l'editor d'atributs figura 2.6.

FIGURA 2.6. Atribut translació



Per a un **control més precís** sobre el moviment, es treballa des del panell de *Tool Settings*, amb la icona corresponent (vegeu la figura 2.7) o al menú *Windows>General editors>Tool settings*.

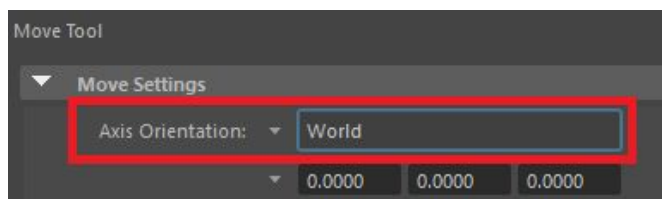
FIGURA 2.7. Configuració d'eines



Part superior dreta de la finestra de Maya

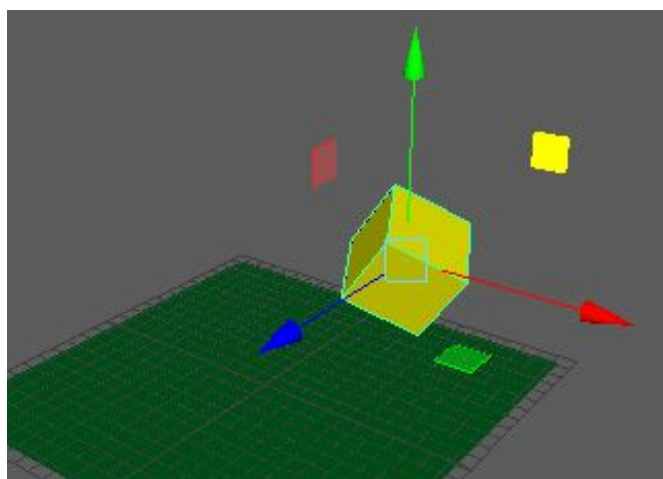
Dins d'aquest panell i **amb l'eina de moure seleccionada** es pot establir l'espai de coordenades s'utilitzarà (vegeu la figura 2.8). Els eixos de l'objecte canvien, i s'alineen amb el sistema escollit.

FIGURA 2.8. Selecció d'espai



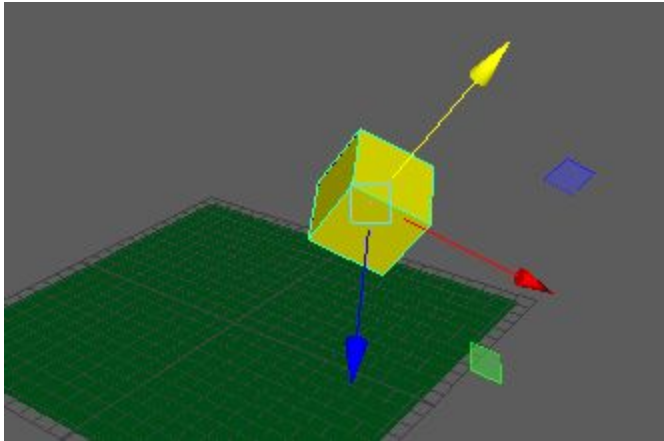
Si seleccioneu *World*, els eixos s'alineen amb l'espai de coordenades món (vegeu la figura 2.9). Això permet moure l'objecte seguint l'eix X, Y o Z **globals**. Aquesta opció és adequada, per exemple, per situar un objecte en un escenari.

FIGURA 2.9. Eixos alineats amb 'World'



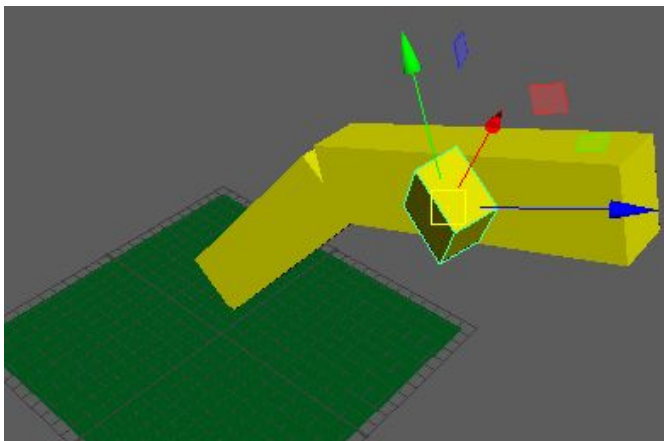
Si seleccioneu *Object*, els eixos s'alineen amb el sistema de referència de l'espai d'objecte (vegeu la figura 2.10). Això permet moure l'objecte al llarg **dels seus propis eixos**. És adequat quan l'objecte ja està orientat d'una certa forma i l'usuari vol situar-lo desplaçant-se respecte a aquestes direccions. Per exemple, un esquiador situat en un pendent i s'ha de moure endavant o enrere, però amb la inclinació donada.

FIGURA 2.10. Eixos alineats amb 'Object'



Si seleccioneu *Parent*, els eixos s'alineen segons el sistema de referència de l'espai local, és a dir, el sistema de referència del pare de l'objecte a la jerarquia o l'espai món, si l'objecte no està emparentat (vegeu la figura 2.11, on el cub és fill a la jerarquia de l'extrem del braç articulat). Això pot servir per moure una peça en la direcció de l'objecte al qual pertany. Per exemple, la vara d'un trombó que es desplaça sempre en la mateixa direcció.

FIGURA 2.11. Eixos alineats amb 'Parent'



2.2.2 Rotació

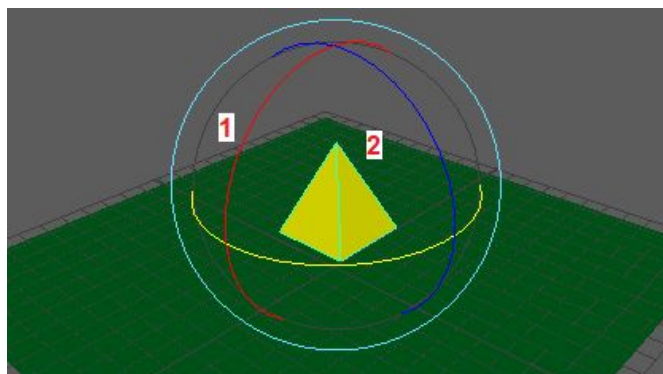
La rotació té algunes particularitats però aquestes es presenten a l'hora d'**animar** els objectes i no ens afecten gaire a l'hora d'**orientar-los** a l'escena.

Vegeu les explicacions sobre la rotació en la secció "L'espai 3D" de l'apartat "El programari d'animació 3D".

Per **girar** un objecte, una vegada seleccionat cal activar l'**eina de girar**. Per fer-ho s'ha de seleccionar la icona de girar, anar al menú *Modify> Transformation tools> Rotate tool* o bé prémer la drecera de teclat **E**.

El manipulador de rotació mostra **un cercle per a cada eix** que s'arrossega amb el botó esquerre del ratolí, tal com podeu veure en la figura 2.12 punt 1. També es pot arrossegar a qualsevol punt de l'esfera a part dels cercles (vegeu la figura 2.12 punt 2) per rotar lliurement.

FIGURA 2.12. Eina de girar



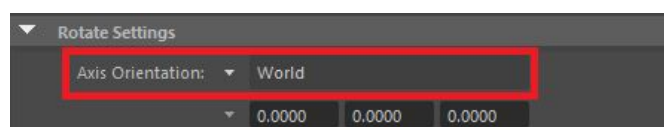
En fer-ho es veu en **els atributs de transformació de l'objecte** com canvien les coordenades de rotació, tal com passa en la figura 2.13. Aquestes coordenades sempre representen **angles d'Euler** i sempre estan definides en l'espai **local**, és a dir, els angles representen rotacions respecte al sistema de referència del pare o respecte al sistema de referència del món si l'objecte no està emparentat.

FIGURA 2.13. Atributs de rotació

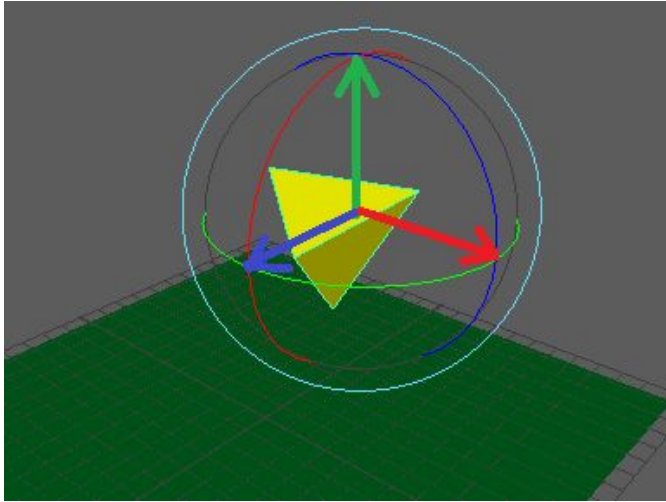


Igual que amb l'eina de moure, es pot canviar l'espai de coordenades utilitzades als *Tool Settings* (vegeu la figura 2.14).

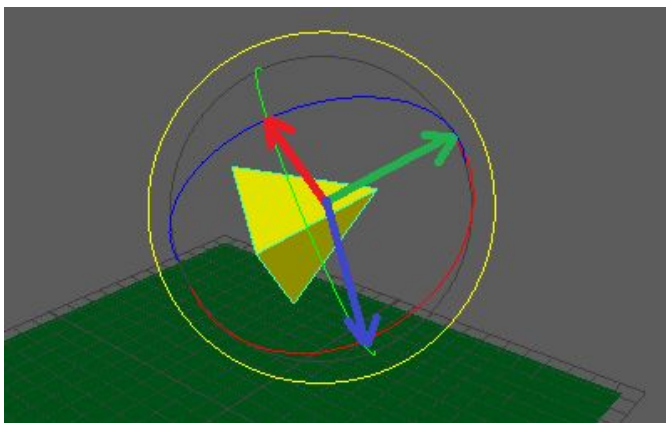
FIGURA 2.14. Selecció de l'espai de rotació



Si seleccioneu *World*, els eixos de rotació s'alineen amb els eixos de món i es pot girar l'objecte respecte a aquest sistema (vegeu la figura 2.15). Això permet fer girs en les direccions X, Y i Z globals. Seria adequat, per exemple, per donar l'orientació inicial a un avió suspès a l'aire.

FIGURA 2.15. Eixos de rotació alineats amb 'World'

Si seleccioneu *Object*, els eixos de rotació s'alineen amb els eixos propis de l'objecte (vegeu la figura 2.16). Això permet la rotació respecte a la seva pròpia orientació. Així, per exemple, es pot fer que un avió rodi sobre si mateix sense variar la seva direcció.

FIGURA 2.16. Eixos de rotació alineats amb 'Object'

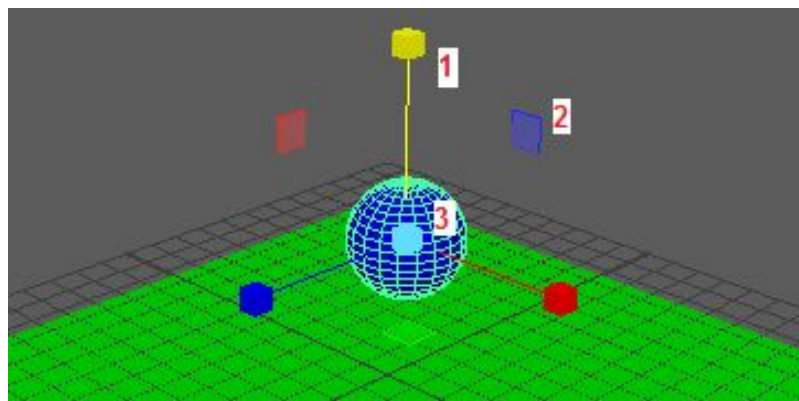
2.2.3 Escalat

L'operació d'escalat **magnifica o disminueix** la base de l'espai de coordenades, de manera que en interpretar les coordenades dels vèrtexs aquests se situen en un espai més ample en el primer cas i més estret, en el segon.

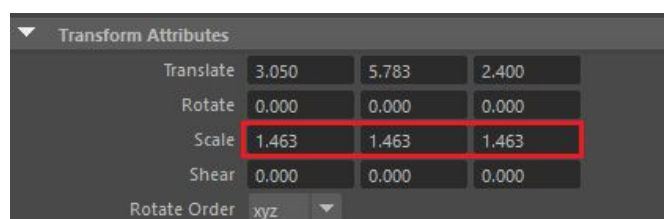
Per escalar un objecte a Maya se selecciona i es prem la icona d'escalat, o bé es fa des del menú *Modify> Transformation Tools> Scale tool*. També s'utilitza la drecera de teclat **R**.

Una vegada activada l'eina, es pot arrossegar el **manipulador** de l'eix a escalar (figura 2.17 punt 1), escalar sobre el pla XY, YZ o XZ (figura 2.17 punt 2) o bé aplicar un **escalat uniforme** sobre tots tres eixos arrossegant el manipulador central (figura 2.17 punt 3).

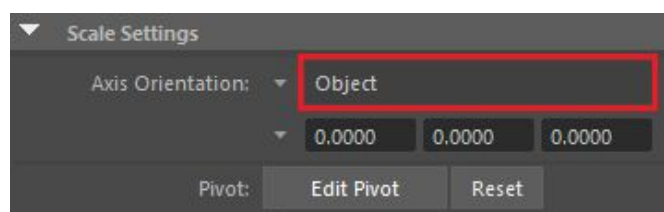
Observeu que les dreceres W, E i R, corresponents a moure, rotar i escalar, són contigües al teclat.

FIGURA 2.17. Eina d'escalat

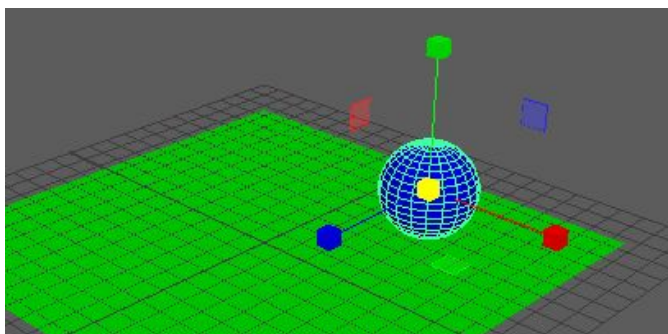
En fer-ho, els atributs corresponents a *scale* canvien a l'editor d'atributs (vegeu la figura 2.18). L'escala original es representa com a 1,1,1. Si les tres coordenades d'escala són iguals, es tracta de l'escalat **isotròpic** i si són diferents, escalat **anisotròpic**.

FIGURA 2.18. Atributs d'escalat

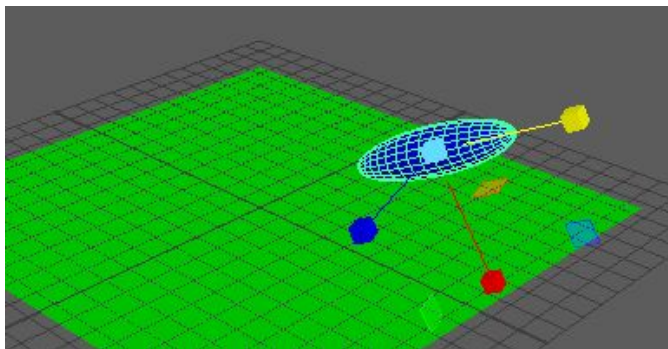
A *Windows > General Editors > Tool Settings* es pot seleccionar respecte a quin espai de coordenades es vol fer l'escalat (vegeu la figura 2.19).

FIGURA 2.19. Selecció d'espai d'escalat

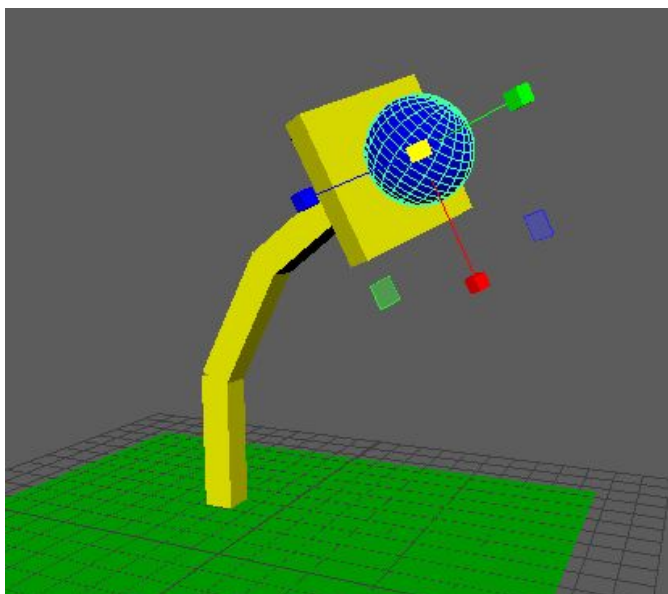
Si seleccioneu *World*, els manipuladors d'escalat s'alineen respecte a l'espai de coordenades món (vegeu la figura 2.20) i es pot escalar l'objecte en qualsevol de les tres direccions del sistema de referència global.

FIGURA 2.20. Eixos d'escalat alineats amb 'World'

Si seleccioneu *Object*, els manipuladors d'escalat s'alineen respecte a l'espai de coordenades d'objecte (vegeu la figura 2.21). Això permet escalar-lo respectant-ne l'orientació.

FIGURA 2.21. Eixos d'escalat alineats amb 'Object'

Si seleccioneu *Parent* i l'objecte forma part d'una jerarquia, els manipuladors d'escalat s'alineen segons l'espai de coordenades local (vegeu la figura 2.22), és a dir, l'espai de coordenades del pare o en cas que l'objecte no estigui emparentat amb l'espai món.

FIGURA 2.22. Eixos d'escalat alineats amb 'Parent'

L'esfera és filla a la jerarquia de l'extrem del braç articulat

Escalats no isotròpics fora de l'espai local

Maya, com la majoria de programari 3D, té una limitació que consisteix en el fet que les coordenades d'escala de l'editor d'atributs **són sempre respecte a l'espai d'objecte**, encara que l'escalat sigui respecte a l'espai món o al del pare.

Això té una conseqüència important:

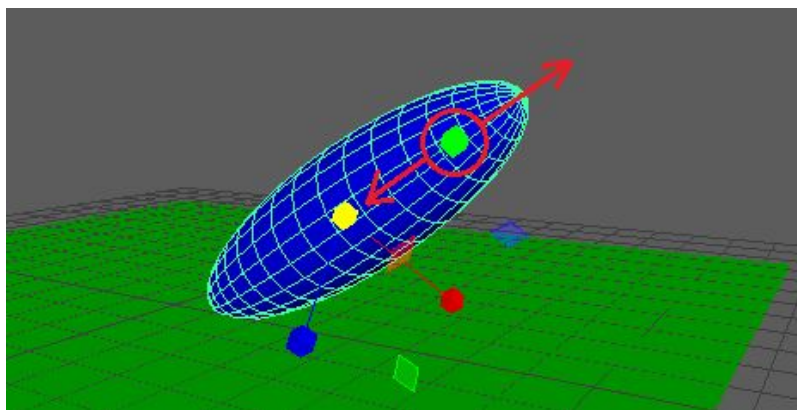
Maya **només pot emmagatzemar un escalat anisotròpic** si es fa respecte a l'espai d'objecte.

Vegeu-ho amb un exemple amb un objecte qualsevol, per exemple, una esfera.

Exemple d'escalat no isotròpic

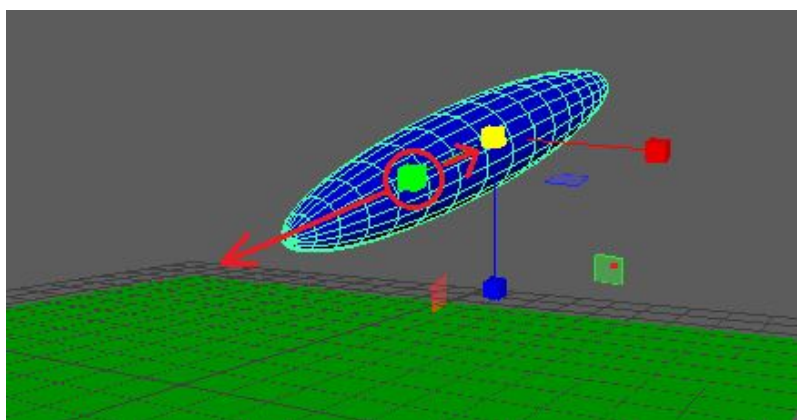
Situem l'esfera en una orientació qualsevol i l'escalem respecte al seu eix Y **en l'espai d'objecte**. Vegeu la figura 2.23.

FIGURA 2.23. Escalat anisotròpic d'una esfera

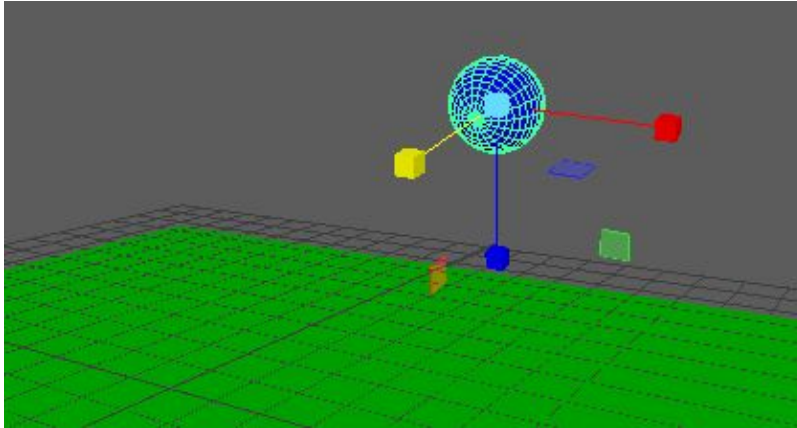


Si desplaceu l'esfera a una altra posició i orientació, podeu canviar la seva escala en Y respecte a l'espai objecte sense problemes. Vegeu la figura 2.24.

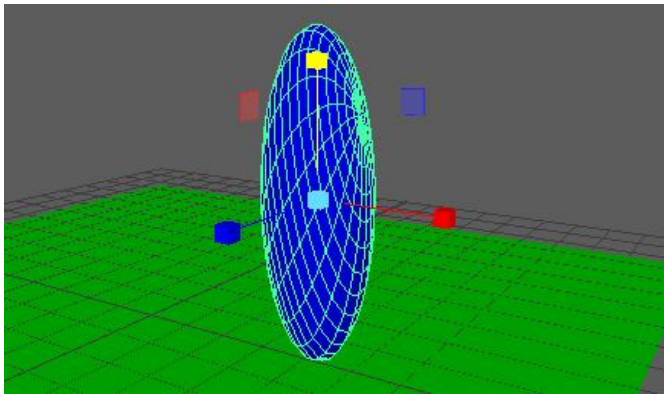
FIGURA 2.24. Esfera desplaçada



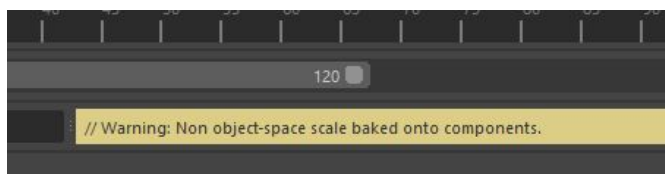
De fet, podeu tornar a recuperar l'esfera original si restabliu l'escala a 1,1,1. Vegeu la figura 2.25.

FIGURA 2.25. Recuperació de la forma original de l'esfera

Si repetiu el mateix procés des del principi, però fent el primer escalat amb l'espai *World* seleccionat a *Tool settings*, trobeu que l'esfera s'escala **respecte a l'eix Y global**. Vegeu la figura 2.26.

FIGURA 2.26. Escalat amb espai 'World'

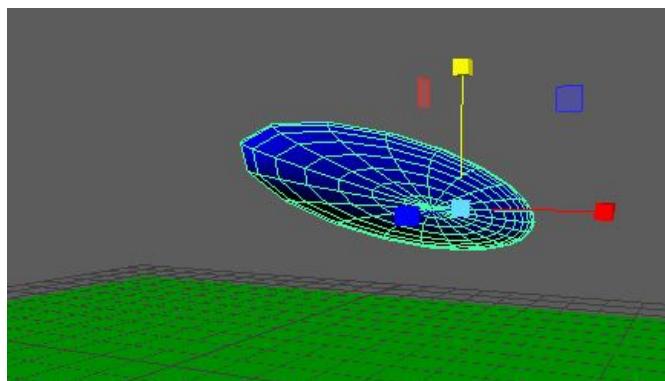
Apareix un **avís** a la línia d'ordres, situada a la part inferior de la finestra (vegeu la figura 2.27). Aquest avís indica que **Maya ha cuinat l'escalat** als components de l'objecte, és a dir, que ha modificat les coordenades de la llista de vèrtexs de l'objecte per tal que reflecteixin el canvi, ja que a causa de la forma com emmagatzema l'escalat, és l'única opció que té.

FIGURA 2.27. Avís

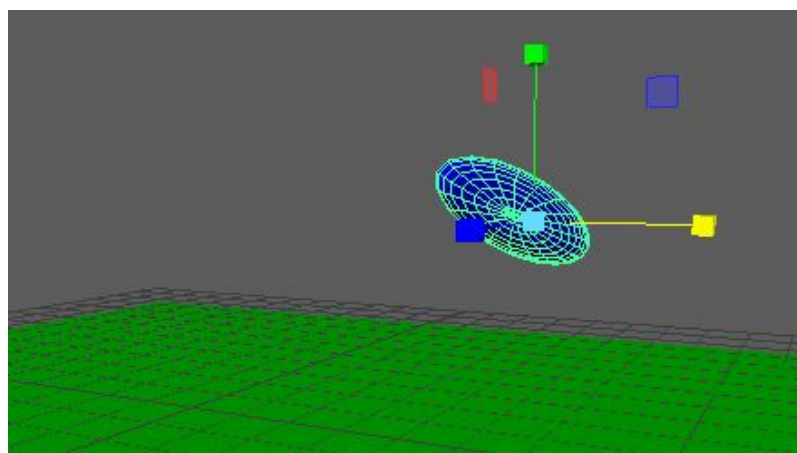
Dit d'una altra manera, l'objecte **ha quedat deformat**. Si el traslladeu a una altra posició i orientació i torneu a fer un escalat respecte al sistema món, possiblement el que aconsegiu serà **deformar encara** més l'objecte. Vegeu la figura 2.28.

Si no veieu la línia d'ordres, podeu activar-la a *Windows> UI Elements> Command Line*.

Això és un exemple del concepte de cuinat exposat en l'apartat "El programari d'animació 3D".

FIGURA 2.28. Esfera deformada

En conseqüència, tot i que es pot intentar una aproximació, amb aquest tipus d'escalat **no es pot recuperar** la forma original de l'objecte. Vegeu la figura 2.29.

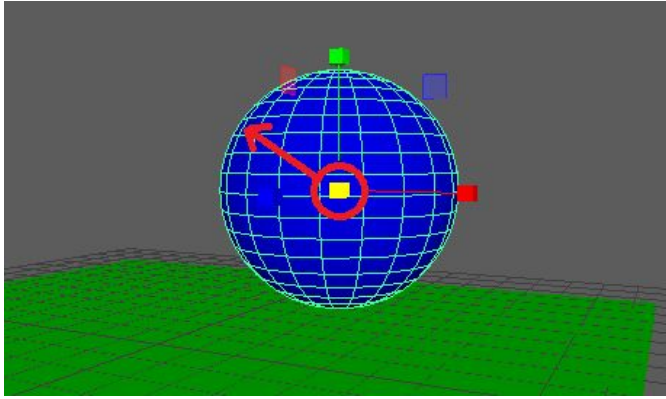
FIGURA 2.29. Intent de recuperar la forma original

Si observeu les coordenades d'escala de l'objecte, veureu que aquestes **no han variat** amb els escalats aplicats en la figura 2.30.

FIGURA 2.30. Coordenades d'escala de l'esfera

Transform Attributes			
Translate	4.338	3.095	-5.397
Rotate	108.038	62.604	5.303
Scale	1.000	1.000	1.000
Shear	0.000	0.000	0.000
Rotate Order	xyz		

Aquest problema no apareix en l'escalat **isotròpic**, ja que en aquest cas l'orientació dels eixos del sistema de referència no hi influeix i Maya pot emmagatzemar l'escalat com si s'hagués fet en l'espai local. Vegeu la figura 2.31.

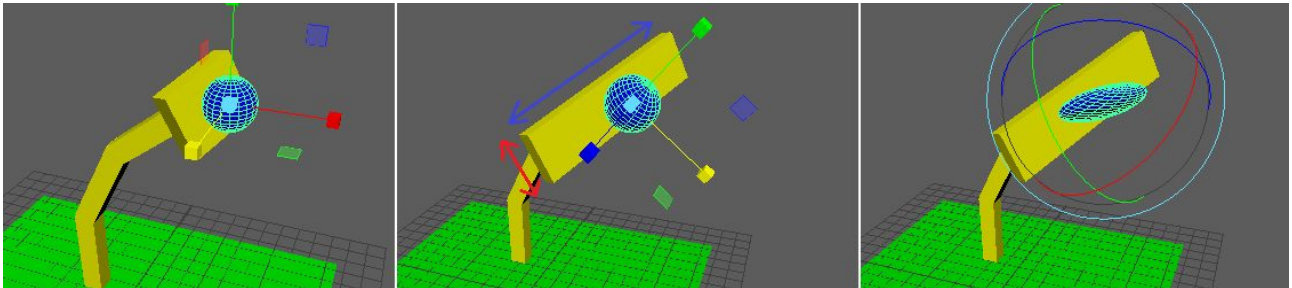
FIGURA 2.31. Escalat isotròpic en espai 'World'

Escalat en jerarquies d'objectes

Quan es treballa amb objectes que formen part d'una jerarquia cal tenir en compte que **els fills hereten la transformació dels pares**, és a dir, si canvieu la posició o si roteu el pare indirectament traslladeu o roteu els fills. El mateix succeeix amb l'escalat.

L'escalat té una particularitat. Amb l'escalat **anisotròpic** els fills hereten un espai "deformat", és a dir, que unes dimensions són més amples que les altres.

Això té com a conseqüència que si un dels objectes d'una jerarquia té un escalat anisotròpic, en girar qualsevol dels fills aquests s'estiren o s'encongeixen més en unes direccions que en d'altres, i **es veuen deformats**, com en la figura 2.32.

FIGURA 2.32. Escalat anisotròpic en jerarquia

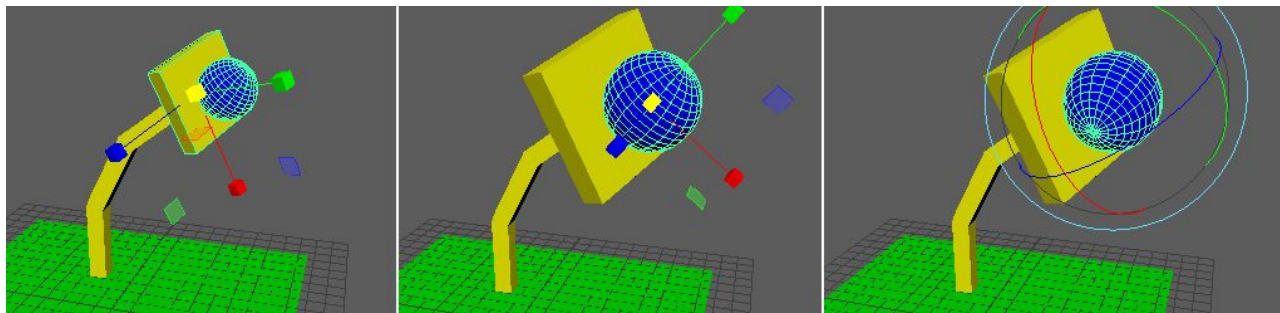
D'esquerra a dreta: esfera filla de l'extrem d'un braç articulat, escalat anisotròpic del pare de l'esfera, esfera deformada en girar.

Si s'aplica un escalat isotròpic, els fills hereten l'escalat del pare i es veuen més o menys grans, però **no pateixen cap tipus de deformació**, com en la figura 2.33.

Normalment quan s'aplica un escalat anisotròpic a un objecte que forma part d'una jerarquia és perquè es busca **canviar la seva forma**, no perquè els fills l'heretin.

Una possible solució a aquest problema és fer un reinici de la transformació.

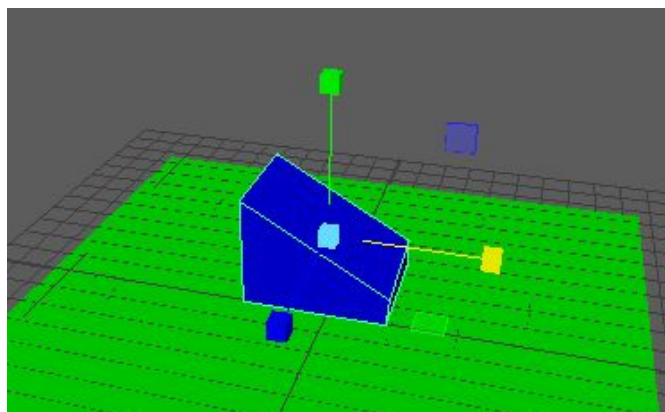
Vegeu les explicacions sobre el reinici dins d'aquest mateix apartat, a la secció "Congelar i reiniciar".

FIGURA 2.33. Escalat isotròpic en jerarquia

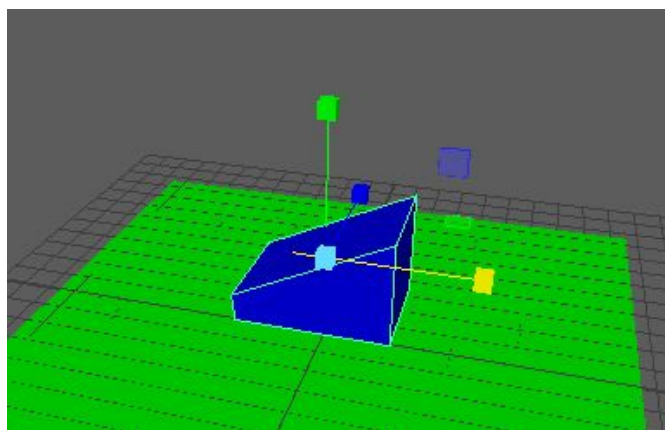
D'esquerra a dreta: esfera filla de l'extrem d'un braç articulat, esalat isotròpic del pare de l'esfera, l'esfera no es deforma en girar.

Reflectir objectes

Tot i que no és una operació bàsica, podeu utilitzar un esalat **amb valors negatius** per fer un reflex de l'objecte. Vegeu la figura 2.34.

FIGURA 2.34. Objecte original

Per fer això, activeu l'eina d'escalat, seleccioneu a *Tool Settings* l'espai d'objecte i arrossegueu el manipulador fins aconseguir un esalat negatiu en l'eix on vulgueu el reflex. Vegeu la figura 2.35.

FIGURA 2.35. Objecte reflectit

Tot i que Maya fa les correccions adequades, cal tenir en compte que **els escalats negatius poden portar errors** amb la il·luminació o amb l'orientació de les cares, que poden quedar mirant cap endins. Això és especialment important cuidar-ho si s'han d'exportar els models a algun altre programari.

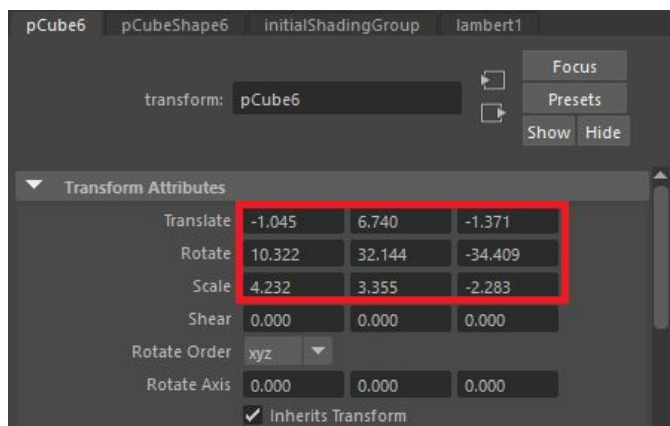
2.3 Coordenades

Moltes vegades és necessari un **control molt precís** de les coordenades dels objectes, així que cal saber què representen exactament les coordenades de transformació i cal conèixer quins mecanismes hi ha per **introduir-les numèricament**, **reiniciar-les** o **copiar-les** d'un objecte a un altre.

2.3.1 Interpretació

Les coordenades de transformació d'un objecte es troben dins la categoria *Transform*, a la primera pestanya de l'editor d'atributs (vegeu la figura 2.36).

FIGURA 2.36. Interpretació de les coordenades

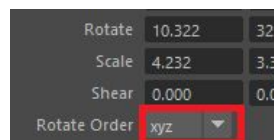


La coordenada **translate** és el desplaçament de l'objecte en l'**espai local**, és a dir, representa el desplaçament en X, Y i Z respecte a l'espai d'objecte del seu pare, si forma part d'una jerarquia, o respecte a l'espai món, si no està emparentat.

La coordenada **rotate** s'interpreta com la rotació de l'objecte en l'**espai local**, és a dir, la rotació en X, Y i Z respecte al seu pare, si forma part d'una jerarquia, o respecte a l'espai món, si no està emparentat. La rotació s'expressa en forma d'angles d'Euler, tot i que internament Maya pot transformar-los en quaterns per fer els càlculs.

Observeu que sota les coordenades de transformació, Maya dona l'opció d'interpretar els angles d'Euler en un altre ordre (vegeu la figura 2.37), tot i que no és recomanable fer-la servir llevat que sigui necessari.

FIGURA 2.37. Selecció de l'ordre dels eixos de gir



La coordenada **scale** s'interpreta com els factors d'escala a cada eix **en l'espai local**, és a dir, partint de l'escala del pare, si l'objecte està emparentat, o de l'escala de l'espai món, que és u per cada eix, en cas contrari.

Els valors de l'escala en cada eix tenen aquests efectes:

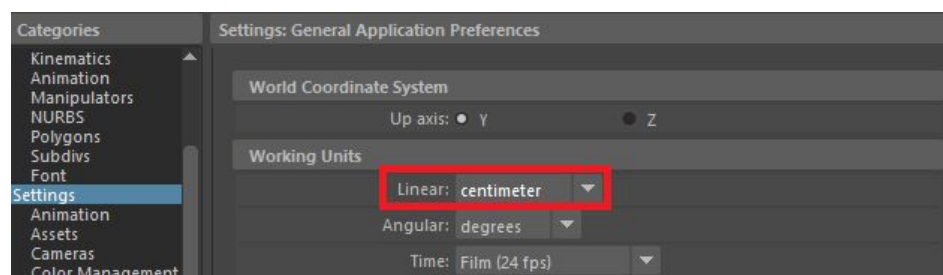
- Una escala **u** no té efecte.
- Una escala **zero** fa que l'objecte no sigui visible.
- Una escala **entre zero i u** fa que l'objecte empetiteixi.
- Una escala **més gran que u** fa que l'objecte creixi.
- Una escala **negativa** provoca que l'objecte es vegi **reflectit**.

Observeu que un objecte d'escala 0, tot i no ser visible, comporta que Maya faci alguns càlculs igualment. Sempre que sigui possible, és preferible desactivar l'objecte.

Unitats

Tot i que Maya ens presenta un **espai abstracte**, les coordenades de translació de l'objecte tenen una **equivalència física**. Per defecte, representen **centímetres**. Podeu triar unes unitats diferents si aneu al menú *Windows > Settings > Preferences > General* i obriu la categoria *Settings*, com en la figura 2.38.

FIGURA 2.38. Selecció d'unitats de distància



Al començament d'un projecte **és important triar bé les unitats**. Si treballem amb peces petites, és adequat triar centímetres o mil·límetres i, si feu el disseny d'un edifici, és adequat triar metres.

Hi ha diferents raons per fer això:

1. Per **comoditat**, ja que amb unitats inadequades es treballa amb nombres massa grans o massa petits que costa de visualitzar.
2. Perquè les simulacions físiques **donen resultats diferents** en funció de l'escala real que representa l'escena. No té el mateix comportament físic una roca amb un radi d'uns metres que una pedra d'uns pocs centímetres.

3. Per **precisió numèrica**, ja que l'ordinador té una capacitat limitada per representar els nombres i pot incórrer en errors si treballa amb nombres molt grans o molt petits, i especialment si es mesclen, és a dir, si en una mateixa escena hi ha objectes molt grans i molt petits.

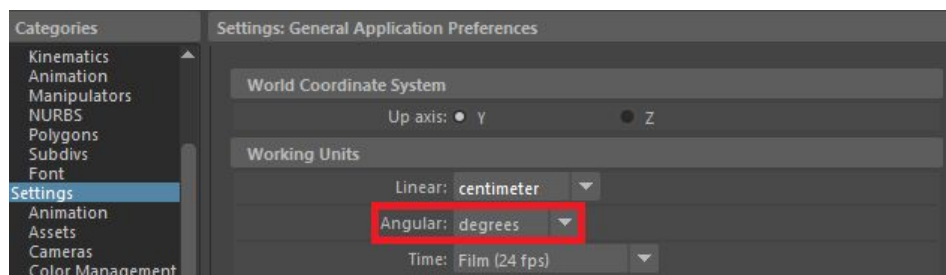
El truc del cub d'escala u

Un petit truc per solucionar això és crear un cub amb escala u als tres eixos, exportar-lo a l'altre programari i crear en aquest programari un altre cub d'escala u. Si s'han configurat correctament les unitats, ha de tenir exactament la mateixa mida.

La configuració de les unitats de translació també influeix en **com s'interpreten les dades del model** quan s'exporta a un altre programari. Segons l'opció triada, pot ser que el programari que rep el model en faci un **escalat** i es vegi massa gran o massa petit.

Les **coordenades de rotació** representen angles **sexagesimals** (en anglès *degrees*). En aquest sistema una rotació completa són **tres-cents seixanta graus**.

FIGURA 2.39. Selecció d'unitats de rotació



Al menú *Windows > Settings/Preferences > General*, a la categoria *Settings*, es poden triar **radians** (vegeu la figura 2.39). Els radians són un altre sistema de mesura d'angles on una volta completa correspon a **dues vegades el nombre pi**. Aquesta representació facilita els càlculs d'alguns problemes geomètrics tot i que per ser llegida per humans no resulta tan còmoda.

Les coordenades d'escala **no tenen unitats**, ja que representen **la proporció** entre la mida original de l'objecte i la mida a què es vol escalar.

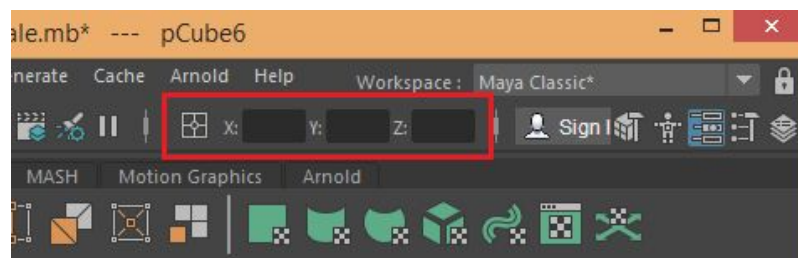
2.3.2 Introducció numèrica

Tot i que es poden transformar els objectes amb les diferents eines que ens ofereix Maya, a vegades és necessari **introduir uns valors precisos** per a les seves coordenades.

Per fer-ho, seleccioneu l'objecte, aneu a la categoria *transform* de l'editor d'atributs, cliqueu sobre la coordenada a modificar i introduïu el nou valor amb el teclat.

Un altre mètode és seleccionar l'eina de moure, rotar o escalar al menú *Modify > Transformation Tools* i introduir les coordenades al quadre d'entrada de text (*input box*). Vegeu la figura 2.40.

L'eina per introduir les coordenades és a la part dreta de la barra d'eines de Maya.

FIGURA 2.40. Quadre d'entrada de text ('input box')

Si cliqueu sobre la icona de l'*input box* (vegeu la figura 2.41), ofereix dues opcions per a la transformació.

FIGURA 2.41. Accés a les opcions

Si seleccioneu *Absolute transform*, les coordenades introduïdes s'interpreten **respecte a l'espai món**, és a dir, el sistema de referència global. Si seleccioneu *Relative transform*, les coordenades s'interpreten en l'espai local, és a dir, com si editéssiu els seus valors a l'editor d'atributs.

2.3.3 Congelar i reiniciar

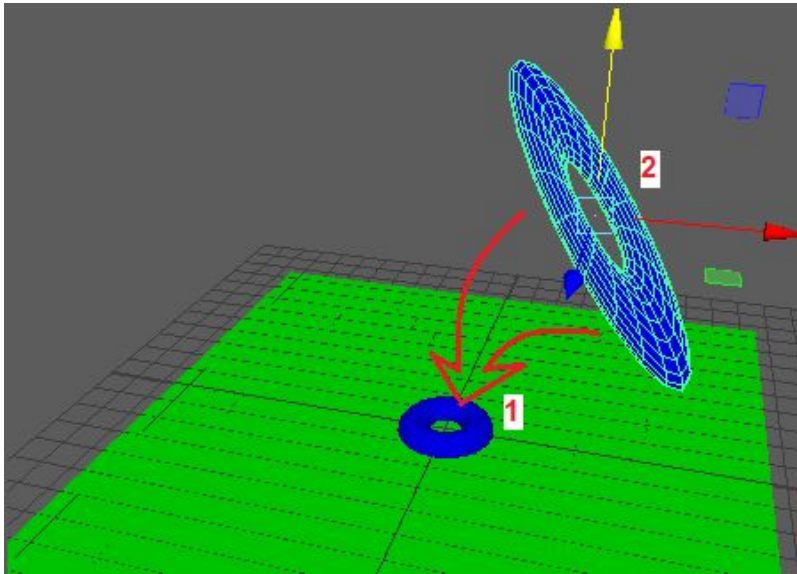
Tot i que són conceptes semblants, les operacions de congelar i reiniciar tenen unes **implicacions diferents** que cal entendre per saber quan aplicar-ne una o altra.

Congelar la transformació d'un objecte vol dir donar els valors inicials a les coordenades de transformació, però **mantenint els vèrtexs a la mateixa posició**.

Reiniciar la transformació vol dir **només donar els valors inicials** a les coordenades de transformació. Si s'ha transformat l'objecte, els vèrtexs retornen a la posició d'abans d'aquestes transformacions.

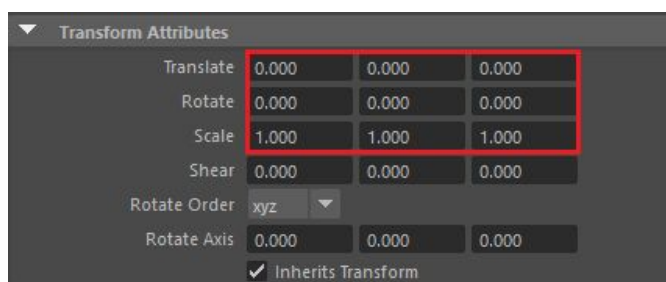
Per **reiniciar la transformació** només cal seleccionar un objecte transformat prèviament i anar al menú *Modify > Reset Transformation*. Observeu que l'objecte, partint de la seva transformació actual (vegeu la figura 2.42 punt 2), **recupera la posició, rotació i escala inicials** (vegeu la figura 2.42 punt 1).

Les coordenades amb valors inicials són zero per a la posició i la rotació i u per a l'escala.

FIGURA 2.42. Efecte del reinici de coordenades

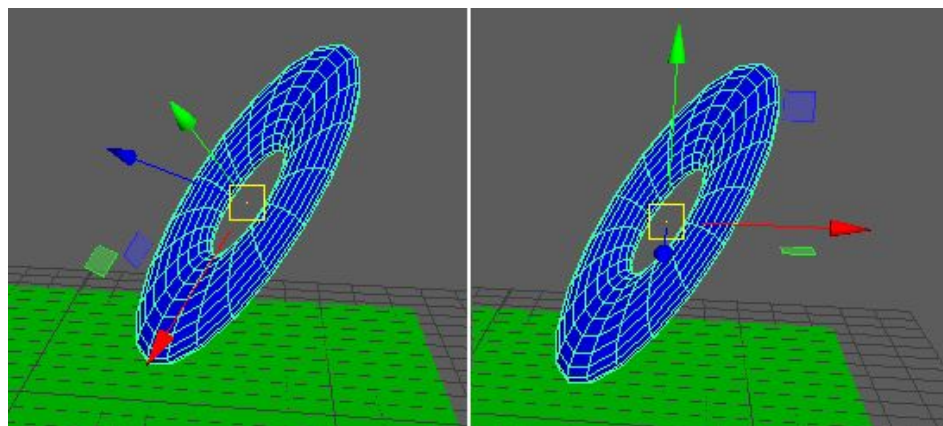
Si consulteu les coordenades a l'*Attribute editor*, veureu com s'han reiniciat (vegeu la figura 2.43).

L'acció *Reset transformation* es pot simular si l'usuari edita aquests valors.

FIGURA 2.43. Coordenades després d'un reinici

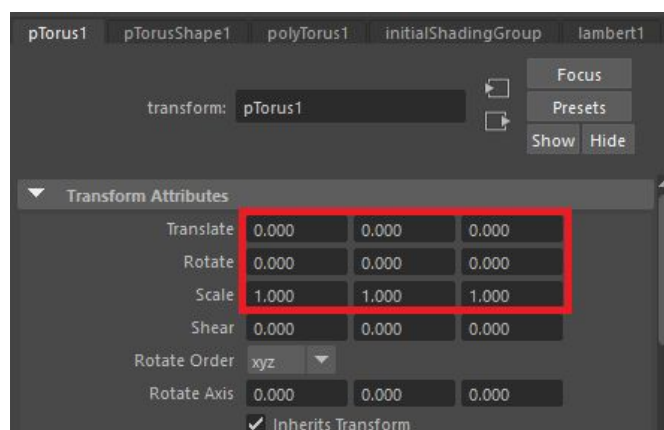
L'efecte de la congelació és més subtil. Un objecte transformat, per exemple, aplicant-li una rotació i escalant-lo a un eix, per congelar-lo s'ha de seleccionar i anar al menú *Modify > Freeze Transformations*.

Visualment no es nota cap canvi, a menys que activeu l'eina de moure i seleccioneu l'espai objecte a *Tool settings*. Així veureu que els eixos ara estan orientats com si acabéssiu de crear l'objecte, com en la figura 2.44. És a dir, que no reflecteixen les rotacions efectuades.

FIGURA 2.44. Efecte de la congelació

A l'esquerra: objecte abans de la congelació. A la dreta: objecte després de la congelació.

Si consulteu les coordenades de l'objecte, a més, veureu que aquestes s'han iniciat (vegeu la figura 2.45).

FIGURA 2.45. Coordenades després la congelació

Teniu una explicació sobre la llista de vèrtexs a la secció "L'espai 3D" de l'apartat "El programari d'animació 3D".

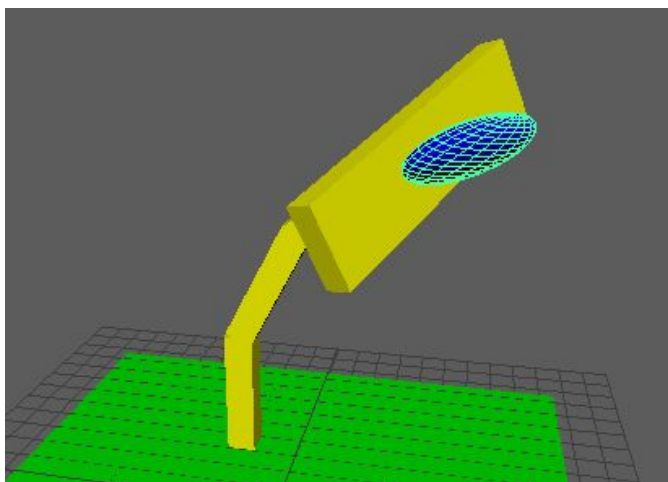
En sentit estricte sí que es pot recuperar la forma original, fent servir el *Construction History* de l'objecte.

Maya **modifica les coordenades** de la llista de vèrtexs de l'objecte perquè reflecteixin les transformacions efectuades. Això dona un objecte sense cap transformació que té exactament la mateixa forma.

Per exemple, si partiu d'un tor i el gireu i estireu, ja no tindreu un tor sinó un objecte nou, que té la forma d'un tor girat i estirat, ja que les coordenades dels seus vèrtexs s'hauran modificat.

Una vegada congelat l'objecte, es pot traslladar i aplicar-li rotacions i escalats, però a partir de la forma resultant de la congelació, és a dir, llevat que es desfaci la congelació no es pot recuperar la forma original.

Una aplicació d'això es veu en un objecte que forma part d'una jerarquia i la seva transformació pot provocar efectes indesitjats als fills, en concret l'**escalat anisotròpic**, que pot produir deformacions en aplicar rotacions als fills. Vegeu la figura 2.46.

FIGURA 2.46. Fill deformat per escalat anisotròpic del pare

Una forma d'adreçar aquest problema és desemparentar els fills (vegeu la figura 2.47), congelar el pare (vegeu la figura 2.48) i tornant a emparentar-los (vegeu la figura 2.49). D'aquesta manera les transformacions fetes al pare s'apliquen a la seva forma i aquest torna a tenir una transformació amb els valors inicials, que resulta **neutra** per als fills, eliminant els possibles efectes indesitjats.

Per desemparentar un objecte heu de seleccionar-lo i anar al menú *Edit> Unparent*. Per emparentar-lo heu de seleccionar primer l'objecte que fa de fill i després el que fa de pare, prement les majúscules, i anar a *Edit> Parent*.

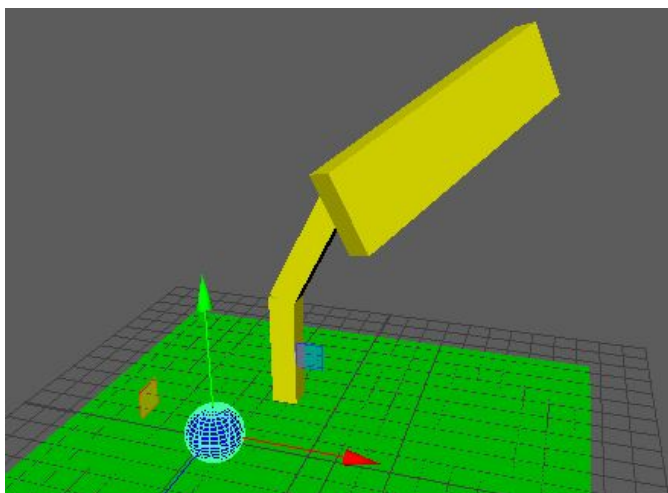
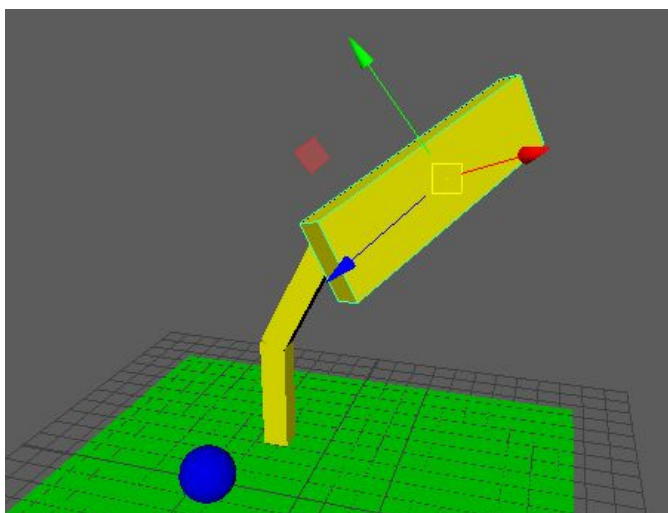
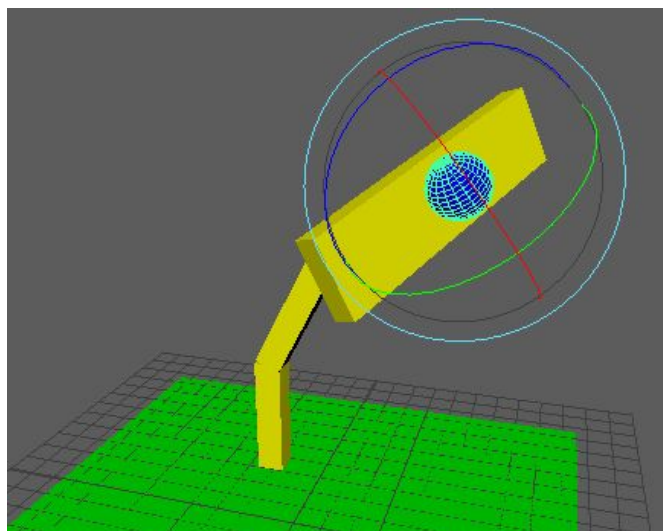
FIGURA 2.47. Fill desemparentat**FIGURA 2.48.** Congelació de l'anterior pare

FIGURA 2.49. Objecte emparentat de nou

La congelació i el reinici de la transformació són **mecanismes semblants** en el sentit que ambdós reinicien les coordenades de l'objecte.

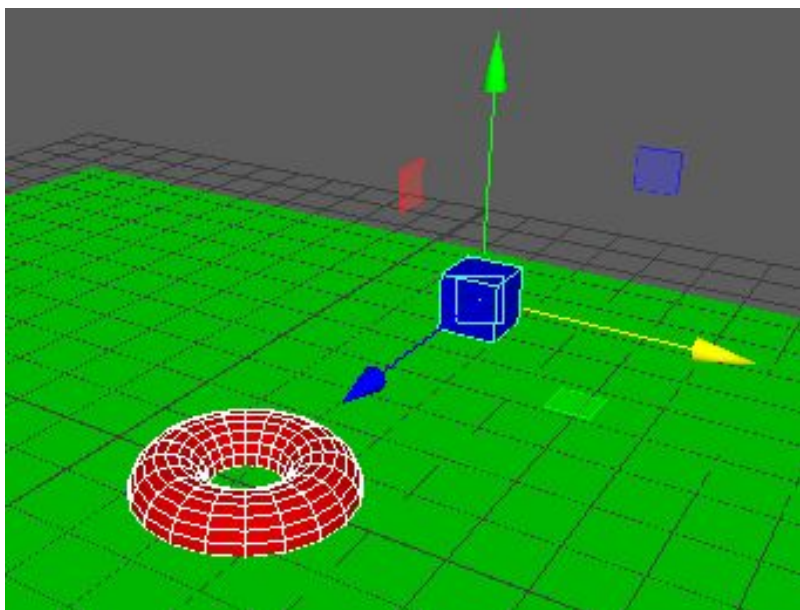
Però...

La congelació **modifica la forma de l'objecte** i el reinici **no modifica la forma de l'objecte**.

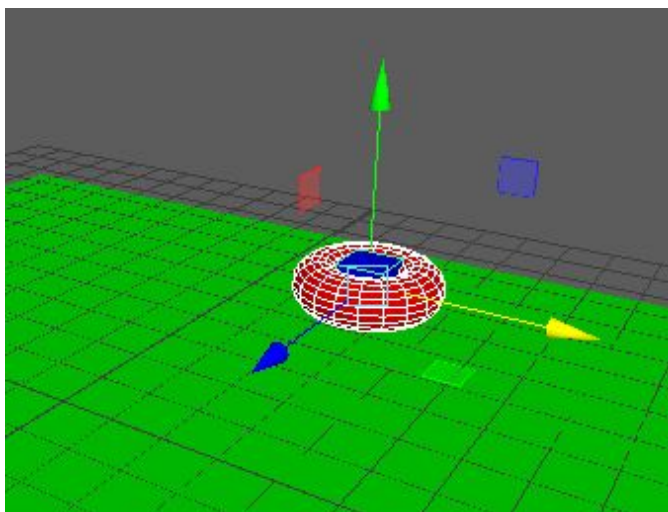
2.3.4 Igualar

Si voleu que dos objectes **tinguin exactament les mateixes coordenades**, es poden igualar manualment d'un a l'altre fent servir l'*Attribute editor*. Afortunadament Maya proveeix d'una eina per fer aquesta operació de forma automàtica.

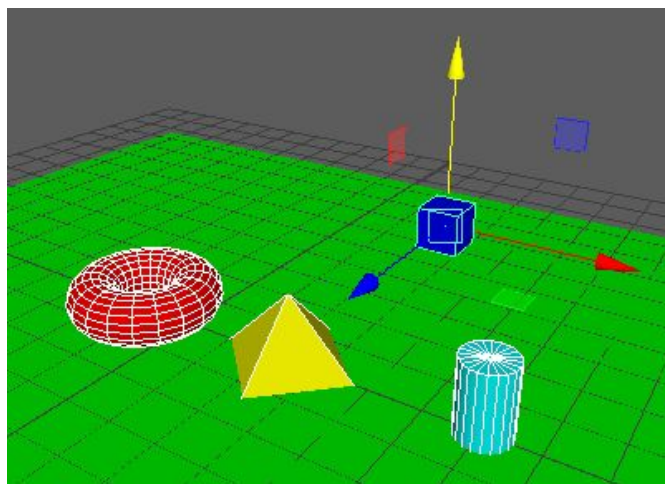
Si voleu copiar les coordenades d'un objecte a un altre heu de seleccionar primer l'objecte destinatari i, després, l'objecte origen (vegeu la figura 2.50), és a dir, l'objecte al qual voleu copiar les coordenades i l'objecte del qual voleu copiar-les. Per seleccionar més d'un objecte heu de mantenir les majúscules premudes i fer clic amb el botó esquerre del ratolí.

FIGURA 2.50. Selecció d'objectes que voleu igualar

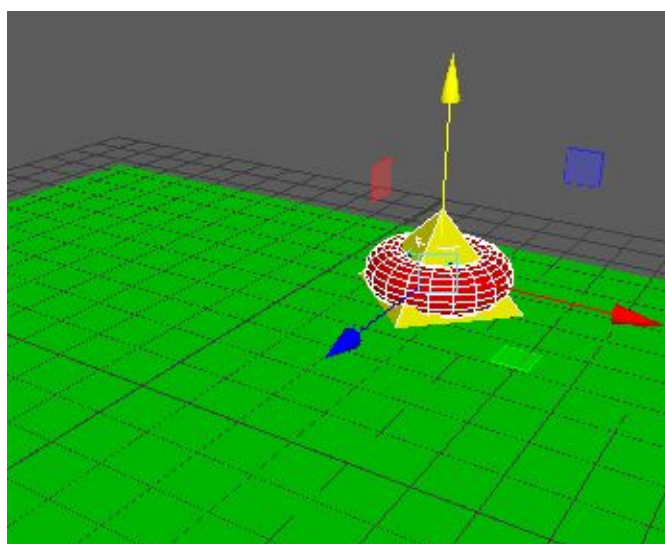
Una vegada seleccionats els objectes, aneu al menú *Modify> Match transformations> Match all transforms*. Observareu que l'objecte destinatari ara té exactament les mateixes coordenades que l'objecte origen (vegeu la figura 2.51).

FIGURA 2.51. Objectes igualats

Podeu fer aquesta mateixa operació sobre més d'un objecte seleccionant tots els objectes destinataris primer i l'objecte origen al final. Vegeu-ho en la figura 2.52.

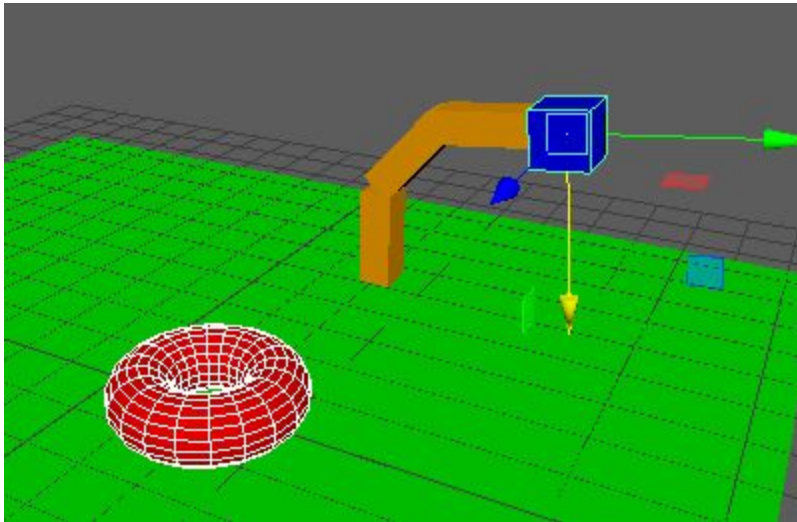
FIGURA 2.52. Selecció de més d'un objecte per igualar

Al menú *Modify*> *Match transformations*> *Match all transforms* trobareu tots els objectes amb les mateixes coordenades, com en la figura 2.53.

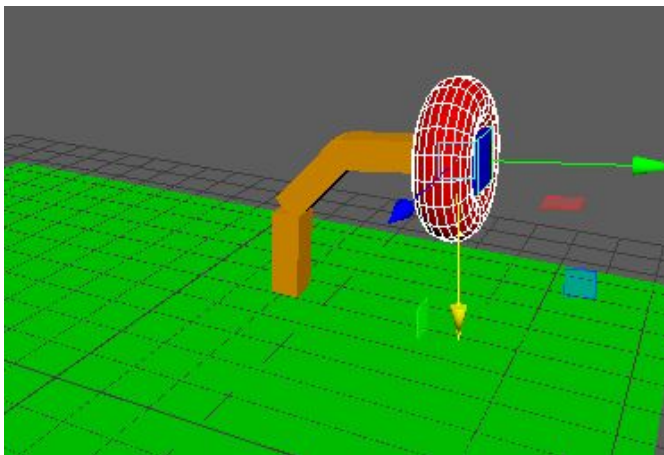
FIGURA 2.53. Objectes igualats

Al menú *Modify*> *Match transformations* hi ha altres opcions per limitar la còpia a la translació, rotació o escalat.

Els objectes origen i destinatari també poden formar part d'una jerarquia. Un cas bastant comú és que l'origen formi part d'una jerarquia, però el destinatari no, com en la figura 2.54. Seria el cas, per exemple, d'una espasa que hem de situar sobre la mà d'un personatge.

FIGURA 2.54. Selecció d'objectes per igualar en jerarquia

En aquest cas, si seleccioneu l'objecte destinatari i origen i apliqueu l'acció *Modify> Match transformations> Match all transforms* observareu que l'objecte destinatari se situa a sobre de l'objecte origen (vegeu la figura 2.55) tot i que aquest forma part d'una jerarquia.

FIGURA 2.55. Objectes igualats en jerarquia

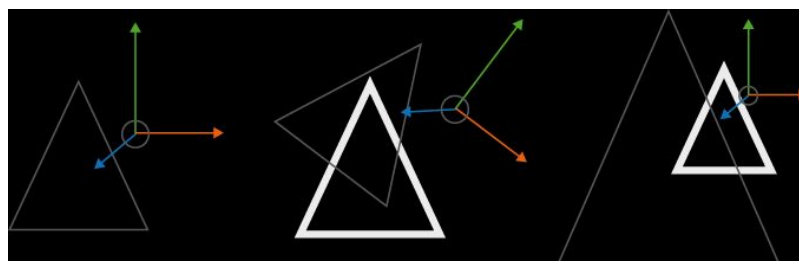
En aquest cas si voleu fer el mateix sense aquesta eina és **força més complicat**, ja que les coordenades d'un objecte quan forma part d'una jerarquia són **respecte a l'espai de coordenades del pare** i les d'un objecte no emparentat són respecte a l'espai de coordenades món, de manera que **no serviria copiar-les** amb l'editor d'atributs.

2.4 El punt de pivot

En l'espai d'objecte totes les translacions, les rotacions i els escalats són sobre un punt anomenat **punt de pivot**. Aquest punt inicialment està centrat en l'objecte, de manera que en girar o escalar aquestes operacions es fan des del centre de l'objecte

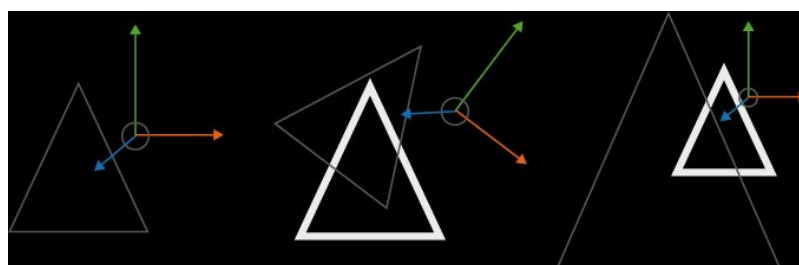
(vegeu la figura 2.56).

FIGURA 2.56. Punt de pivot centrat



Si situeu el punt de pivot en una altra posició, el resultat d'aquestes operacions és diferent (vegeu la figura 2.57).

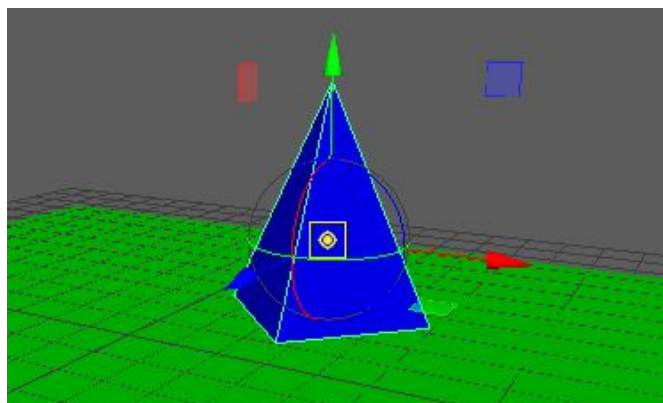
FIGURA 2.57. Punt de pivot a una altra posició



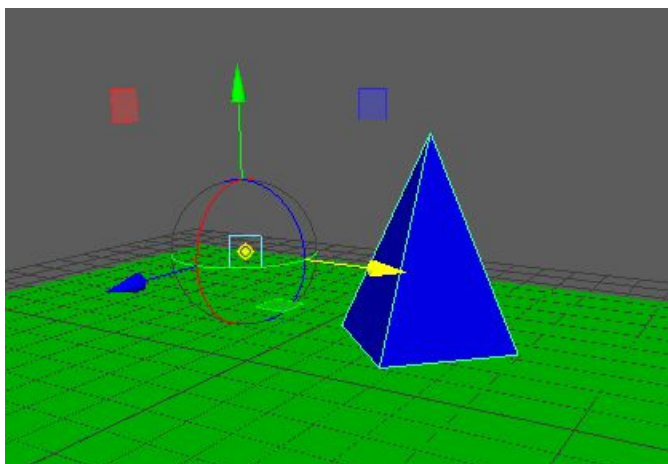
2.4.1 Moure el punt de pivot

A Maya, si en qualsevol moment interessa **situar el punt de pivot en una posició diferent** per a un objecte, es pot fer activant una eina de transformació qualsevol al menú *Modify > Transformation tools*. Una vegada seleccionat l'objecte, s'ha de mantenir premuda la tecla **D**. Veureu que apareix un manipulador combinat de rotació i translació a la posició actual del pivot, com en la figura 2.58.

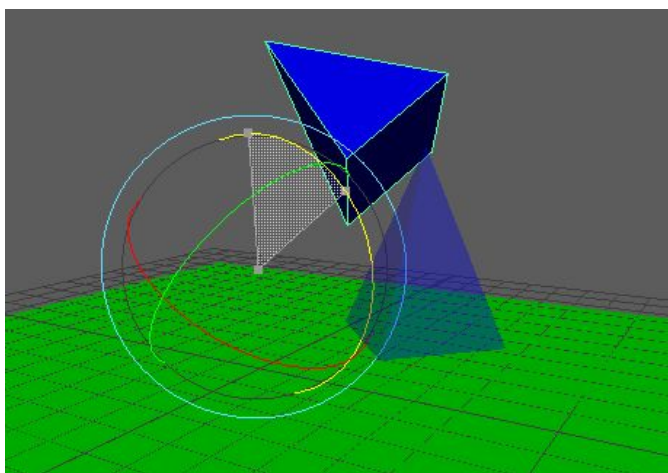
FIGURA 2.58. Manipulador del pivot



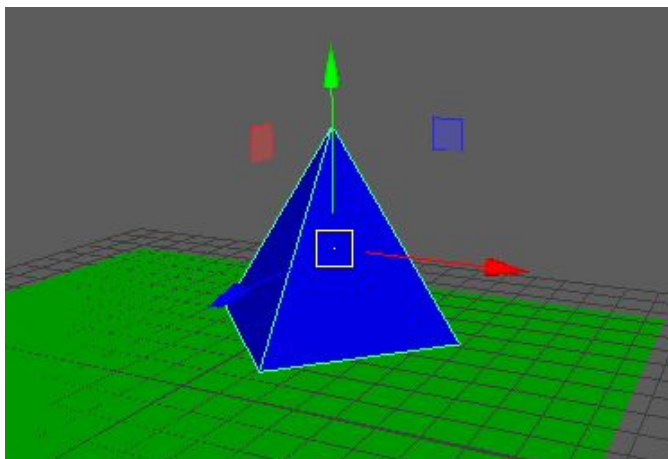
Arrossegant els diferents manipuladors podeu situar el pivot en una posició i/o orientació diferent, com podeu veure en la figura 2.59.

FIGURA 2.59. Pivot desplaçat

Si deixeu anar la tecla D i seleccioneu qualsevol de les eines de transformació al menú, sempre que seleccioneu l'espai d'objecte als *Tool settings* les transformacions es fan des d'aquest punt (vegeu la figura 2.60).

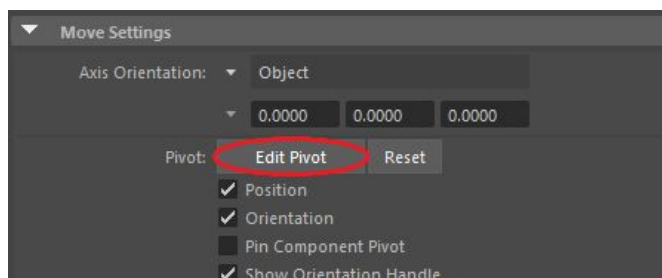
FIGURA 2.60. Transformació des de la nova posició del pivot

Una altra operació és **centrar el punt de pivot**. Per fer-ho cal seleccionar l'objecte i anar al menú *Modify > Center Pivot* (vegeu la figura 2.61).

FIGURA 2.61. Pivot centrat

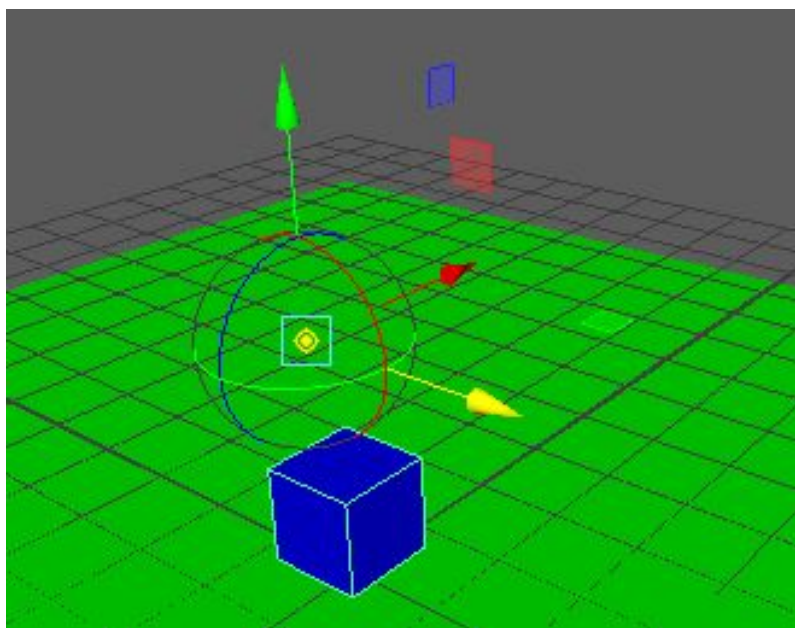
El punt de pivot també es pot manipular des dels *Tool settings* si seleccioneu un objecte i activeu qualsevol eina de transformació al menú *Modify > Transformation tools* (per exemple, l'eina de moure). Una vegada seleccionada l'eina, podeu obrir els *Tool settings* amb *Windows > General Editors > Tool Settings*. Trobareu un botó que activa el **mode d'edició del pivot** (vegeu la figura 2.62).

FIGURA 2.62. Botó d'edició del pivot

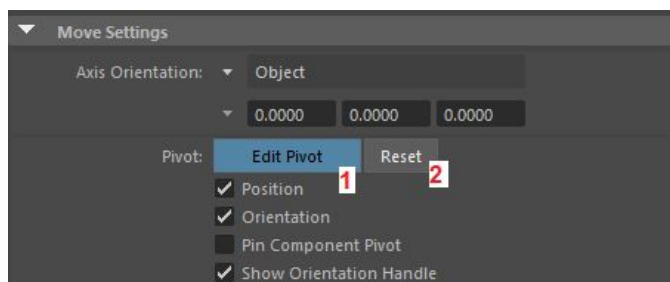


Amb aquest mode activat, podeu fer servir un **manipulador combinat** per situar el pivot on vulgueu, com en la figura 2.63.

FIGURA 2.63. Transformació del pivot



Una vegada situat el pivot, se'n surt prement altre cop el botó d'edició del pivot, que es troba destacat en blau (figura 2.64 punt 1). Al costat hi ha un botó per desplaçar el punt de pivot a la seva **posició inicial** (figura 2.64 punt 2).

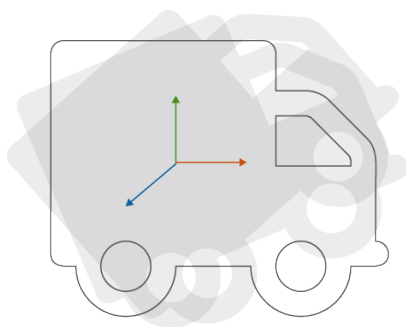
FIGURA 2.64. Desactivació de l'edició del pivot

2.4.2 Seleccionar un bon punt de pivot

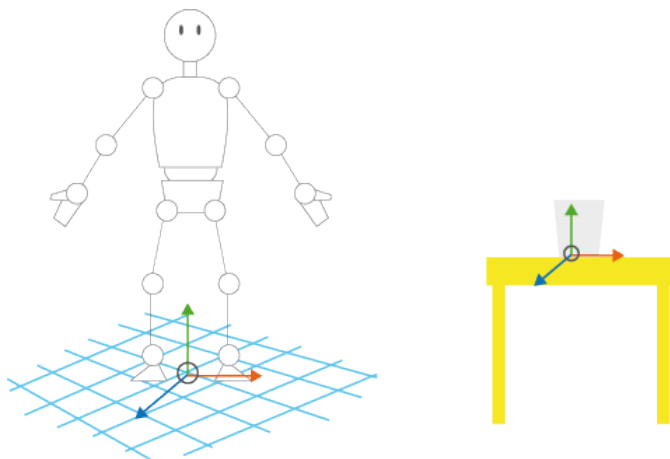
És molt important des del punt de vista de l'animació seleccionar un punt de pivot adient per a cada objecte.

Per exemple, per animar un cotxe que ha de fer tombarelles o qualsevol altre objecte que es mou lliurement, molt possiblement s'haurà de situar el pivot al seu centre de gravetat. Vegeu la figura 2.65.

El centre de gravetat d'un objecte és el punt al voltant del qual tota la seva massa es troba uniformement repartida.

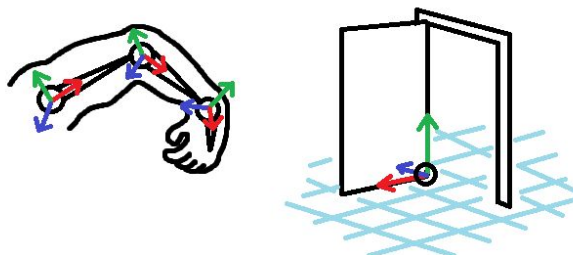
FIGURA 2.65. Selecció del pivot per a un objecte que es mou lliurement

Si, al contrari, l'objecte normalment està recolzat sobre un altre (per exemple, un gerro a sobre una taula, o un personatge que toca a terra), possiblement resultarà més adient situar el punt de pivot al punt més baix (vegeu la figura 2.66).

FIGURA 2.66. Selecció del pivot per a objectes que es recolzen

En el cas dels objectes articulats, el punt de pivot se situa al punt d'articulació. Això és especialment important en personatges, però també per a altres tipus d'objectes com portes o altres tipus de maquinària (vegeu la figura 2.67).

FIGURA 2.67. Selecció del pivot per a objectes articulats



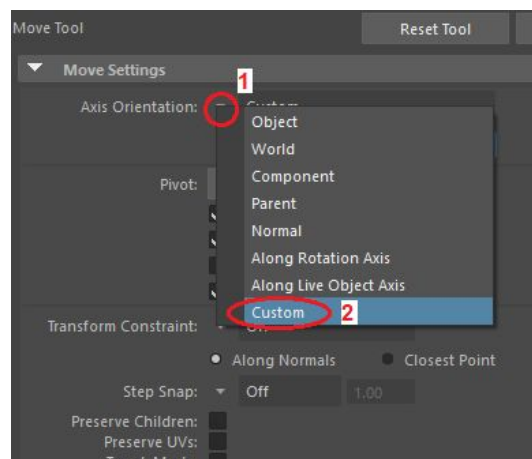
Per defecte **no es pot animar el punt de pivot** durant una animació.

2.4.3 Eixos de transformació personalitzats

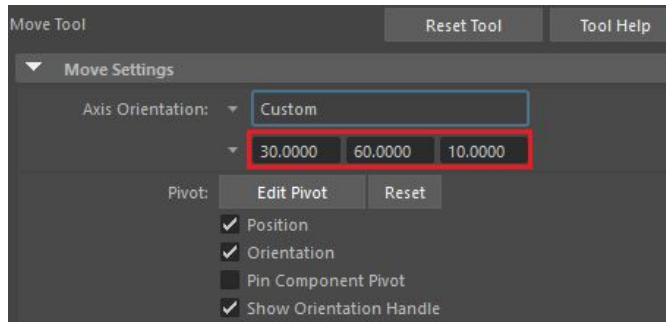
Tot i que no tenen relació amb el punt de pivot, durant les operacions de transformació es pot activar una opció als *Tool settings* que ofereix una **funcionalitat molt semblant** a la d'un pivot, ja que permet definir uns eixos personalitzats per la transformació.

Per activar aquest mode heu de seleccionar l'objecte, activar una eina de transformació (per exemple, la de moure a *Modify > Transformation tools > Move tool*) i obrir els *Tool settings*, al menú *Windows > General Editors > Tool Settings*. Les opcions es despleguen en clicar la fletxeta de l'esquerra d'*Axis orientation* (vegeu la figura 2.68 punt 1). Seleccioneu *Custom* (vegeu la figura 2.68 punt 2).

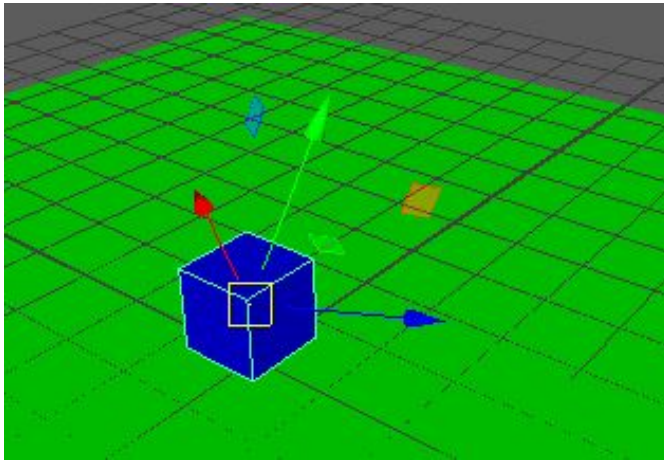
FIGURA 2.68. Situació de l'opció d'eixos personalitzats



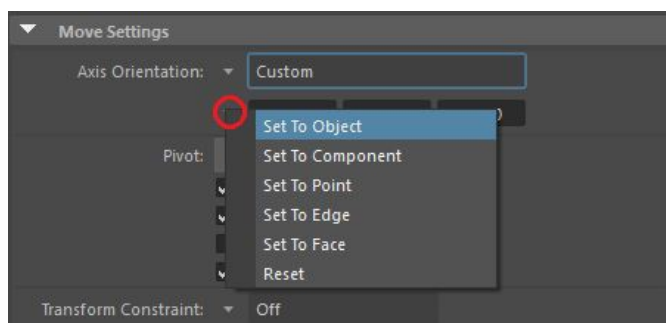
Un cop seleccionada aquesta opció, podeu **introduir una orientació** per als eixos personalitzats en angles d'Euler (vegeu la figura 2.69).

FIGURA 2.69. Introducció d'angles per als eixos personalitzats

A l'escena veureu que els eixos de la transformació estan orientats segons els eixos personalitzats definits (vegeu la figura 2.70), fet que permet desplaçar, moure o escalar l'objecte en aquestes direccions.

FIGURA 2.70. Aspecte dels eixos personalitzats

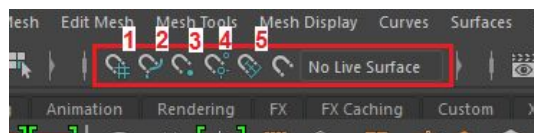
Si desplegueu les opcions disponibles amb la fletxeta de l'esquerra, trobareu opcions per alinear aquests eixos personalitzats amb objectes o components com cares o vèrtexs, com en la figura 2.71.

FIGURA 2.71. Opcions d'alineació d'eixos personalitzats

2.5 'Snapping'

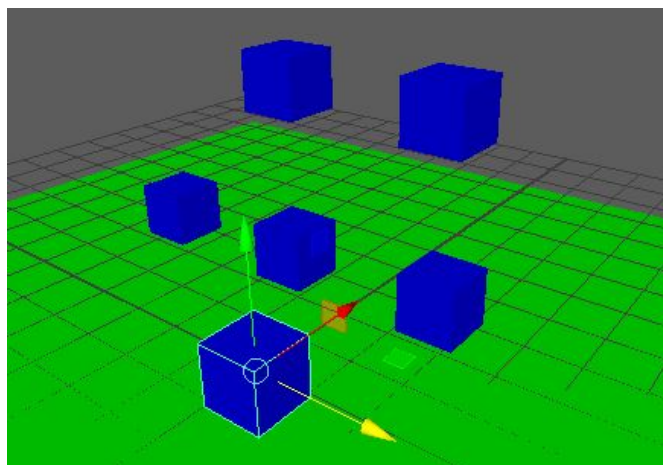
En moure un objecte, de vegades és necessari que la seva posició **coincideixi exactament** amb la d'algun altre objecte a escena o amb **algun component**, com un vèrtex o una cara. Les eines d'*snapping* faciliten aquesta tasca. Les trobareu a la barra d'eines, com podeu veure en la figura 2.72.

FIGURA 2.72. Eines d'"snapping"



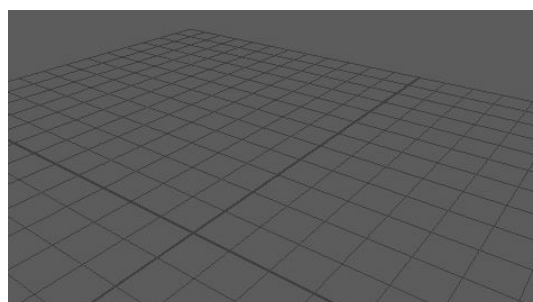
Prement el **primer botó** (vegeu la figura 2.72 punt 1) o la tecla **X** es pot fer que en moure els objectes, arrossegant-los amb el manipulador en forma de cercle de la intersecció dels seus eixos, es col·loquin a les **interseccions de la graella**. Vegeu-ho en la figura 2.73.

FIGURA 2.73. 'Snapping' amb la graella

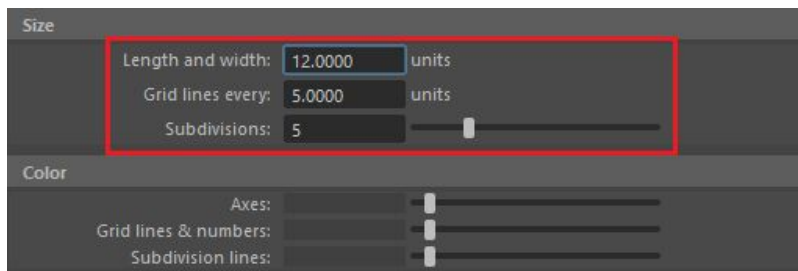


La graella és el pla amb subdivisions que dona una referència de les dimensions i l'orientació de l'espai de coordenades global (vegeu la figura 2.74).

FIGURA 2.74. Graella

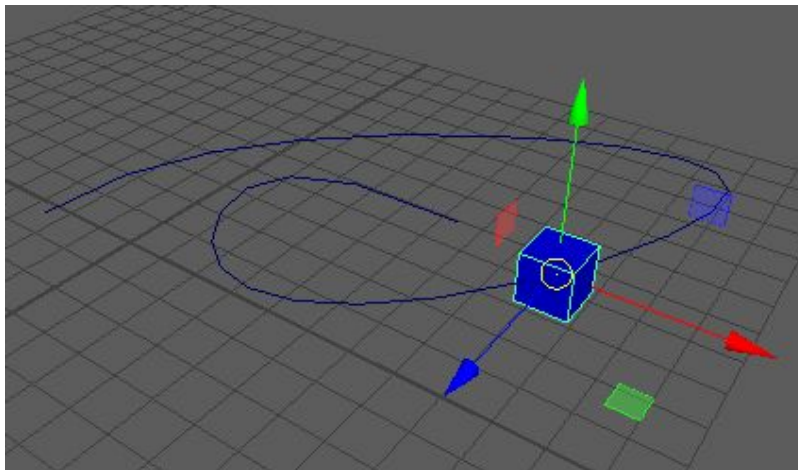


Podeu modificar-ne les dimensions clicant al quadret del costat del menú *Display> Grid* (vegeu la figura 2.75).

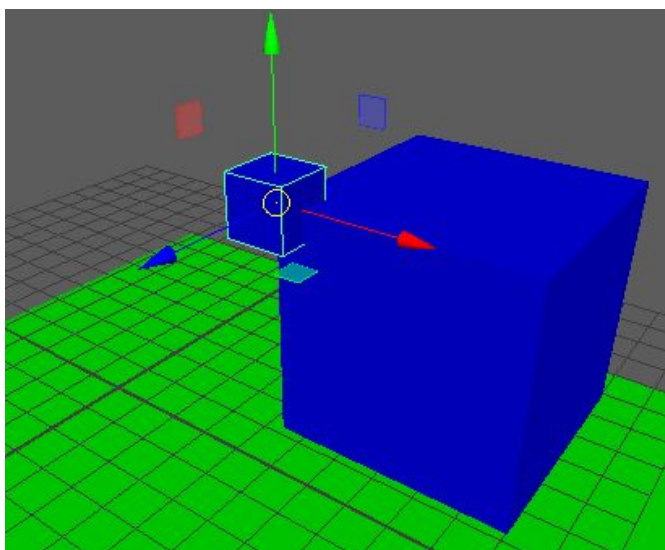
FIGURA 2.75. Configuració de la graella

Prement el **segon botó** (vegeu la figura 2.76 punt 2) o la tecla **C**, podeu fer que en moure els objectes es col·loquin sobre la **corba més propera**, com en la figura 2.76. Prement el **tercer botó** (vegeu la figura 2.76 punt 3) o la tecla **V**, l'objecte s'ajusta **als vèrtexs** de qualsevol objecte (vegeu la figura 2.77).

Per crear corbes podeu fer servir l'eina *CV Curve Tool* del menú *Create> Curve Tools> CV Curve Tool*.

FIGURA 2.76. 'Snapping' amb corba

El **quart botó** (figura 2.76 punt 4) permet alinear un objecte amb el centre de la geometria seleccionada i el **cinquè botó** permet alinear l'objecte amb els plans de visió de les diferents càmeres definides a escena (vegeu la figura 2.77 punt 5).

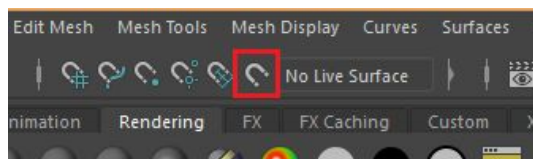
FIGURA 2.77. 'Snapping' amb vèrtex

2.5.1 'Live surface'

La *live surface* és una forma d'*snapping* que permet ajustar la posició d'un objecte a **qualsevol punt de la superfície** d'un altre. Per exemple, pot servir per situar un arbre en la superfície d'una muntanya.

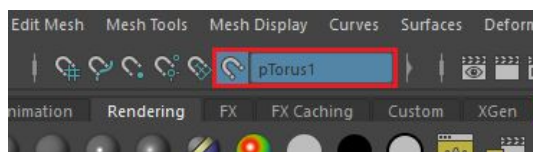
Per establir un objecte com a *live surface* es prem el sisè botó de les eines d'*snapping*, com podeu veure en la figura 2.78.

FIGURA 2.78. Situació de l'eina 'live surface'



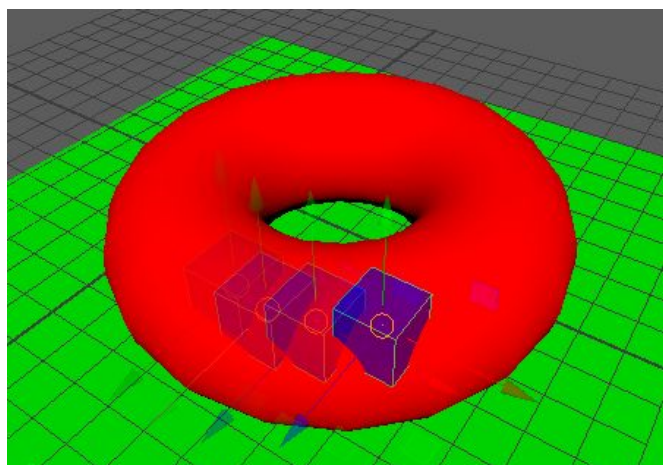
Una vegada seleccionat, el nom de l'objecte apareix al costat del botó (vegeu la figura 2.79).

FIGURA 2.79. Objecte seleccionat com a 'live surface'



Amb un objecte establert com a *live surface*, es pot seleccionar qualsevol altre objecte i desplaçar-lo per sobre del primer. Observeu com es posiciona sobre la seva superfície en la figura 2.80.

FIGURA 2.80. 'Snapping' amb 'live surface'



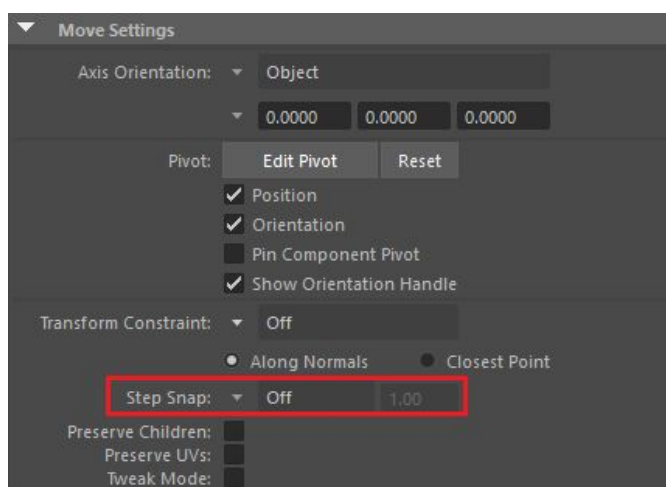
Quan ja no sigui necessària la *live surface*, es pot **desactivar el mode** prement una altra vegada el botó.

2.5.2 Increments regulars

Una altra tècnica per ajustar amb precisió la posició, rotació o escala d'un objecte és forçar-ne l'**increment regular**, és a dir, d'un en un, de dos en dos o amb qualsevol altra xifra definida com a increment.

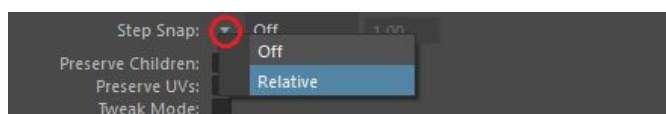
Per activar aquesta característica heu de seleccionar una eina de transformació al menú *Modify > Transformation tools* i obrir el panell de *Tool settings* al menú *Windows > General editors > Tool settings*. Si seleccioneu l'eina de moure, en aquest panell trobareu un conjunt d'opcions anomenat *step snap* (vegeu la figura 2.81).

FIGURA 2.81. Situació del grup d'opcions d'increment regular



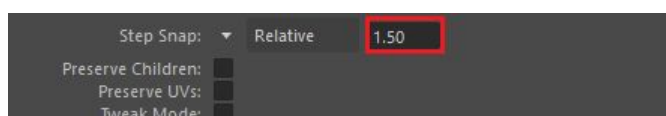
Si desplegueu les opcions disponibles, en trobareu una anomenada *relative* (vegeu la figura 2.82).

FIGURA 2.82. Opcions d'increment regular disponibles



Si la seleccioneu, podreu **definir la quantitat** que voleu com a increment (vegeu la figura 2.83).

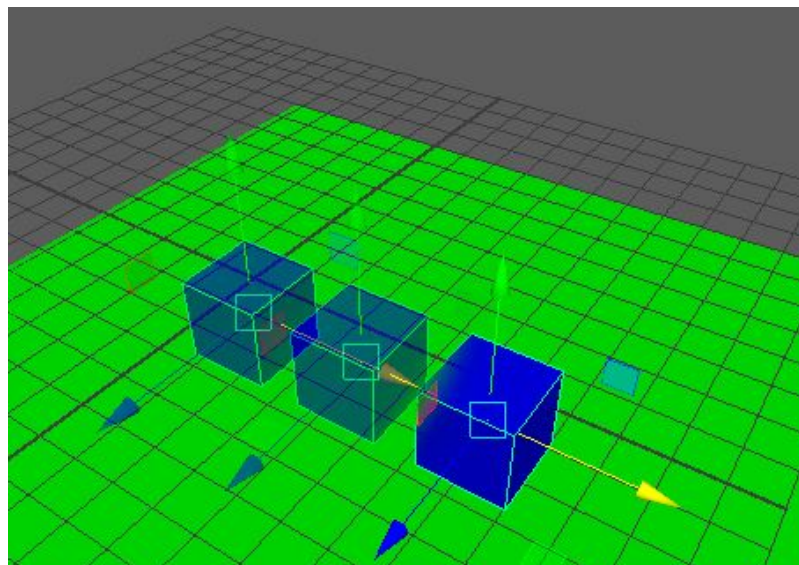
FIGURA 2.83. Establir una quantitat per a l'increment regular



Una vegada definida, si moveu l'objecte es desplaça en cada eix amb aquest increment (segons la figura 2.84). Observeu que l'objecte pren com a origen del seu moviment la seva posició actual. És a dir que si l'objecte parteix de la posició

1 en X i l'increment configurat és de 2, quan incrementeu la seva posició en X la primera posició que pren és de 3.

FIGURA 2.84. Moviment amb increment regular

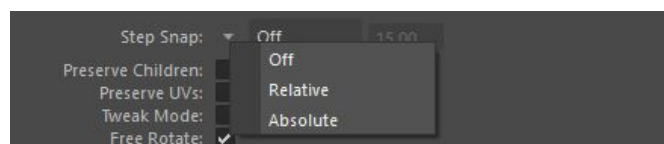


Per desactivar l'efecte *step snap* seleccioneu al menú l'opció *off*, com podeu veure en la figura 2.82.

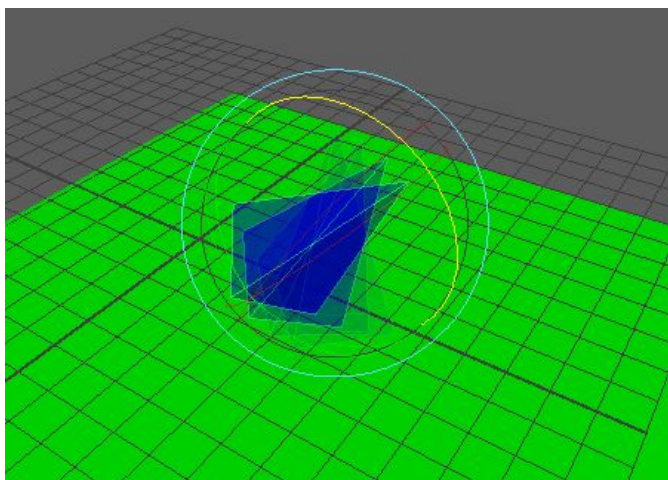
Els increments regulars també els trobareu en les eines de **rotar** i **escalar**.

Si seleccioneu l'eina de rotar, hi ha dues opcions al grup *step snap* dels *Tool settings*: *absolute* i *relative* (vegeu la figura 2.85).

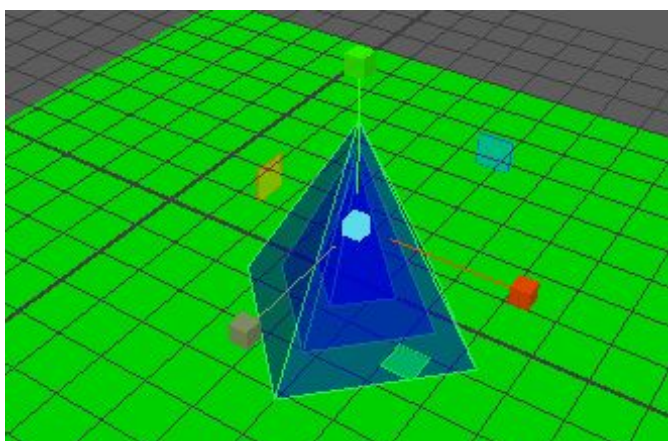
FIGURA 2.85. Opcions d'increment regular per la rotació



Si seleccioneu *Absolute* i definiu un increment (per exemple, 10), trobareu que en girar l'objecte pren angles que són múltiples del valor definit, és a dir, fa els increments de deu en deu partint de zero (vegeu-ho en la figura 2.86). Si seleccioneu *Relative*, l'increment es fa partint de la rotació actual de l'objecte, és a dir, si l'objecte parteix d'una rotació en X de 5 graus i l'increment és de 10, la següent rotació que prendrà en girar-lo en X serà de 15 graus.

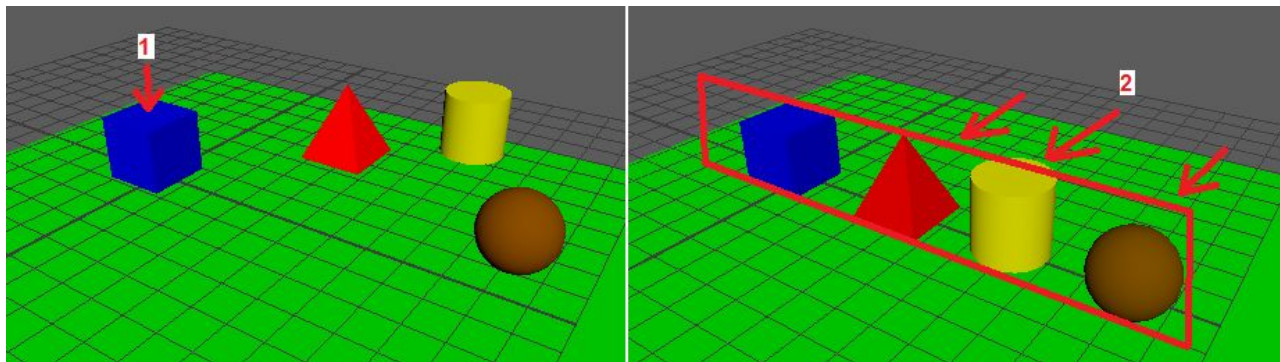
FIGURA 2.86. Rotació amb increment regular

Si seleccioneu l'eina d'escalar, trobareu les mateixes opcions que per a l'eina de rotar, amb un efecte equivalent, però aplicades sobre les coordenades d'escala (vegeu-ho en la figura 2.87).

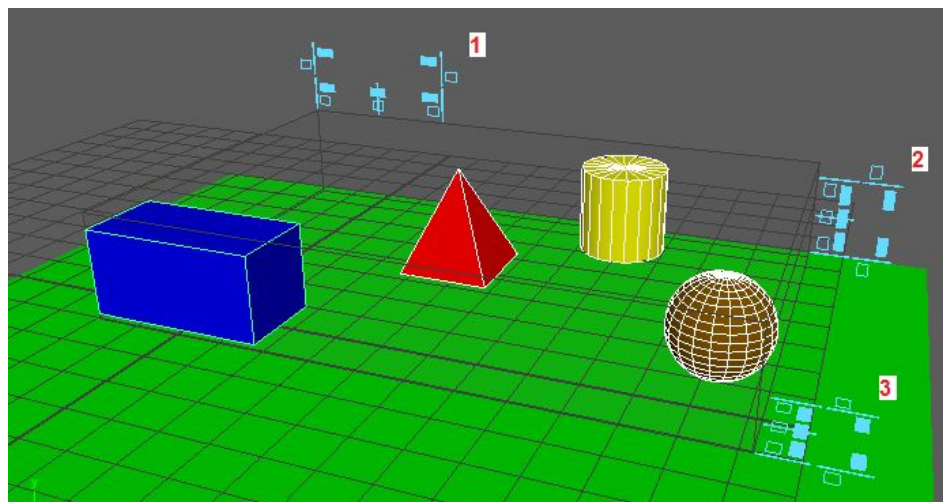
FIGURA 2.87. Escalat amb increment regular

2.6 Alineació

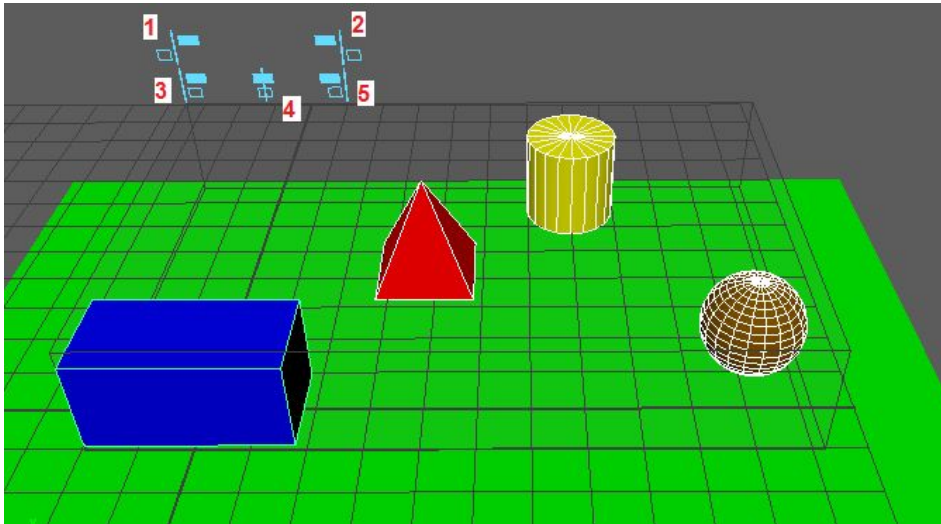
Una altra opció per posicionar objectes és fer que, prenent un objecte com a referència (vegeu la figura 2.88 punt 1), els altres s'alineïn respecte d'aquest objecte, de manera que els seus extrems quedin sobre un mateix pla (vegeu la figura 2.88 punt 2), de manera similar a com ens situem per començar una cursa .

FIGURA 2.88. Efecte d'alinejar objectes

Per fer aquesta operació heu de seleccionar els objectes que voleu alinear seleccionant en últim lloc l'objecte pres com a referència. Una vegada seleccionats tots els objectes, activeu l'eina *Align tool* al menú *Modify > Align tool*. A partir d'aquí, una sèrie de controls agrupats en tres panells (vegeu la figura 2.89 punts 1 a 3), un per cada eix de l'espai de coordenades, permeten fer diferents tipus d'alineació.

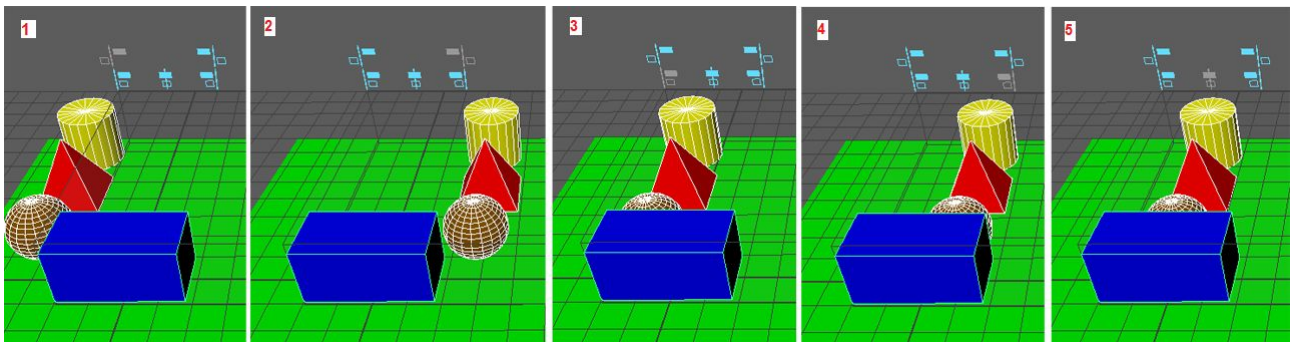
FIGURA 2.89. Eina d'alineació

Si us centreu en un sol dels eixos (per exemple, l'eix X), trobareu fins a **cinc formes** d'alinejar els objectes (vegeu la figura 2.90 punts 1 a 5).

FIGURA 2.90. Manipuladors a l'eix X de l'eina d'alineació

Podeu alinear:

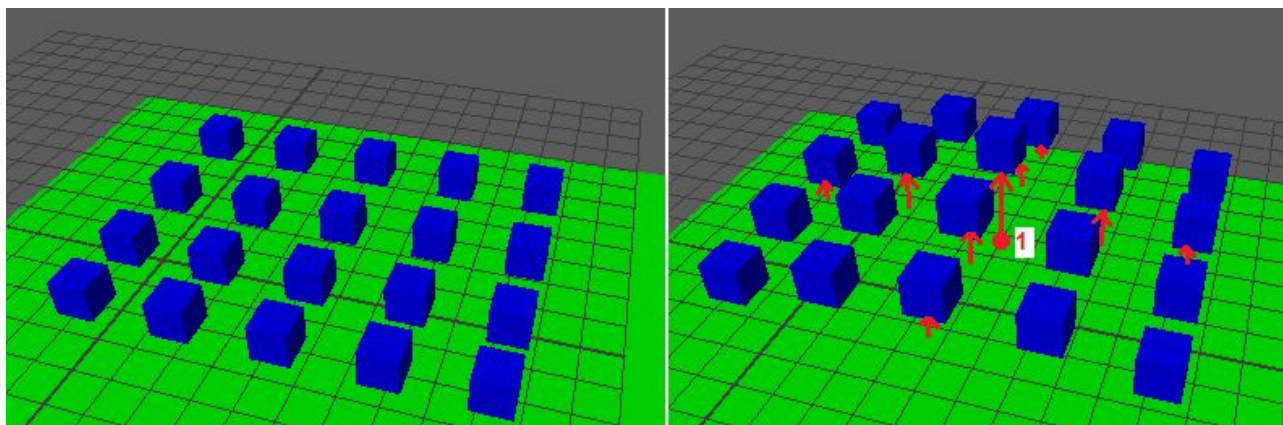
- Per l'extrem esquerre (figura 2.91 punt 1) i dret (figura 2.91 punt 2) de l'objecte de referència, situant els objectes a l'exterior.
- Per l'extrem esquerre (figura 2.91 punt 3) i dret (figura 2.91 punt 4) de l'objecte de referència, situant els objectes a l'interior.
- Al centre, respecte a l'objecte de referència (figura 2.91 punt 5).

FIGURA 2.91. Efectes dels diferents tipus d'alineació

Aquestes mateixes operacions es poden realitzar en qualsevol dels altres dos eixos.

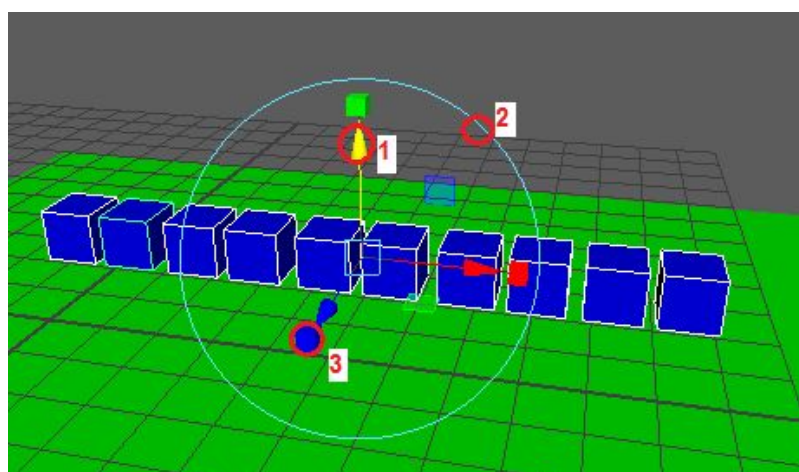
2.7 Transformació proporcional

A Maya, en desplaçar, girar o escalar un conjunt d'objectes hi ha la possibilitat que els objectes es vegin més o menys afectats **segons la distància** a què estiguin situats respecte a un punt central (vegeu la figura 2.92 punt 1), de manera que, per exemple, es desplacin més o menys a l'eix Y.

FIGURA 2.92. Efecte de la transformació proporcional

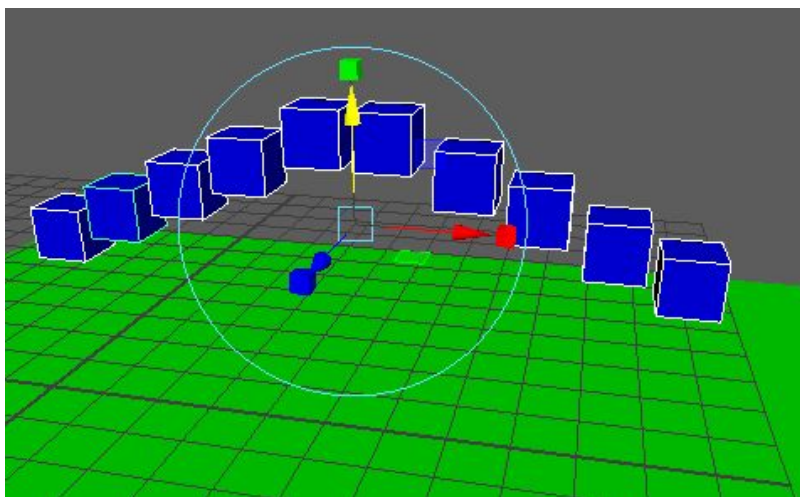
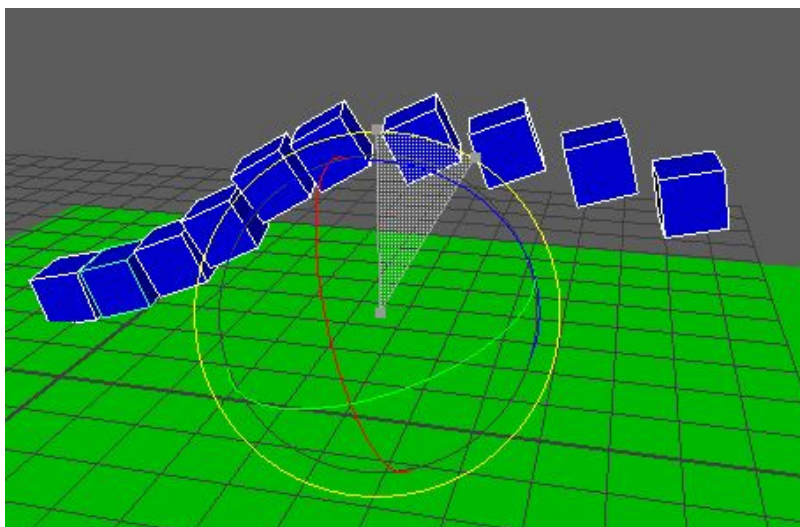
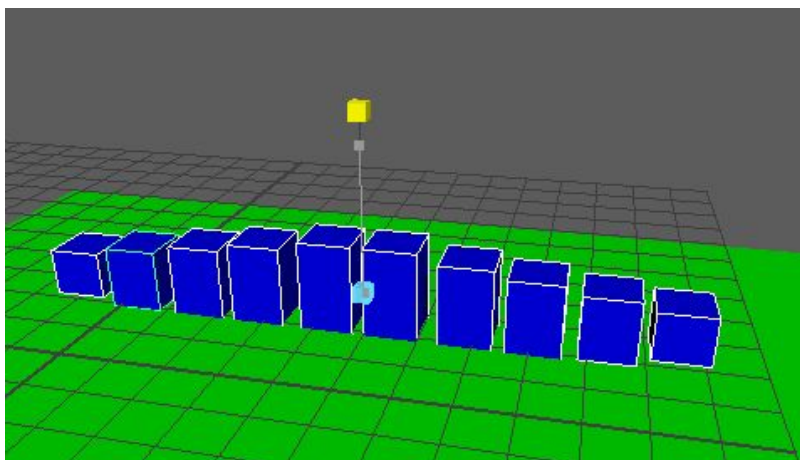
L'eina per aconseguir aquest efecte és la *Proportional modification tool*, del menú *Modify> Transform tools> Proportional modification tool*.

Per fer-la servir primer heu de seleccionar **tots els objectes** que voleu transformar. Amb l'eina activada, trobareu un **manipulador combinat** que permet desplaçar (figura 2.93 punt 1), girar (figura 2.93 punt 2) o escalar els objectes (figura 2.93 punt 3).

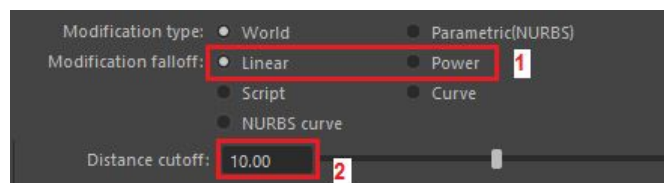
FIGURA 2.93. Eina de transformació proporcional

Per simplicitat, fem l'explicació amb objectes situats en un sol eix.

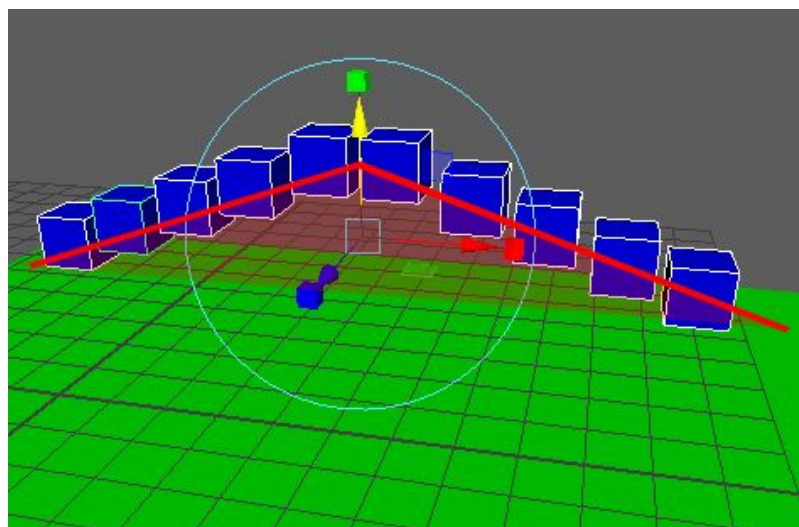
En una transformació amb el manipulador, cada objecte, **en funció de la distància** a què es troba del centre del manipulador, pateix una transformació **més o menys intensa** tant en la translació (vegeu la figura 2.94) com en la rotació (vegeu la figura 2.95) o l'escalat (vegeu la figura 2.96).

FIGURA 2.94. Translació proporcional**FIGURA 2.95.** Rotació proporcional**FIGURA 2.96.** Escalat proporcional

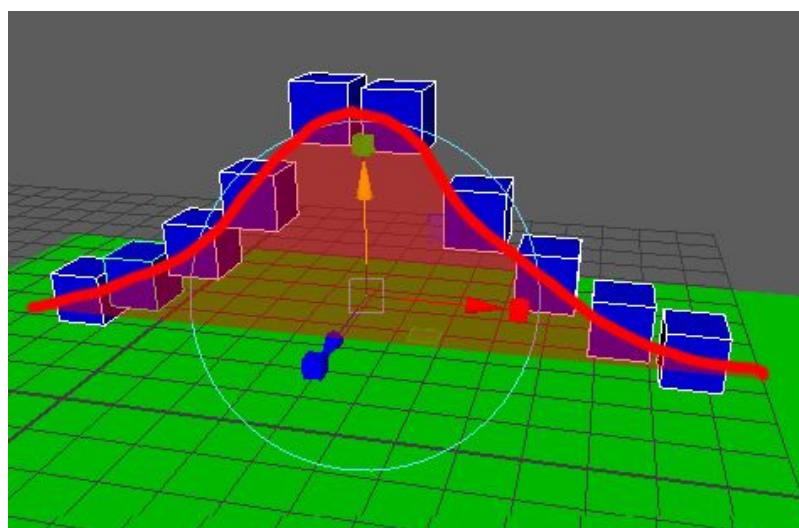
Si voleu més control sobre l'àrea d'influència del manipulador, podeu ajustar-la a *Tool settings*, seleccionant l'eina i anant al menú *Windows> General editors> Tool settings*. Des d'aquest panell també podeu canviar entre diferents tipus de decaïment (vegeu la figura 2.97 punt 1) o *falloff* (en anglès).

FIGURA 2.97. Opcions de moviment proporcional

Si seleccioneu *Linear*, la influència de la transformació disminueix **a un ritme constant** segons la distància, de manera que es pot representar com una línia recta (vegeu la figura 2.98).

FIGURA 2.98. Opció 'Linear'

Si seleccioneu *Power*, la influència disminueix **més lentament a prop del centre i als extrems**, seguint la forma de campana corresponent a una funció polinòmica amb exponents (vegeu la figura 2.99).

FIGURA 2.99. Opció 'Power'

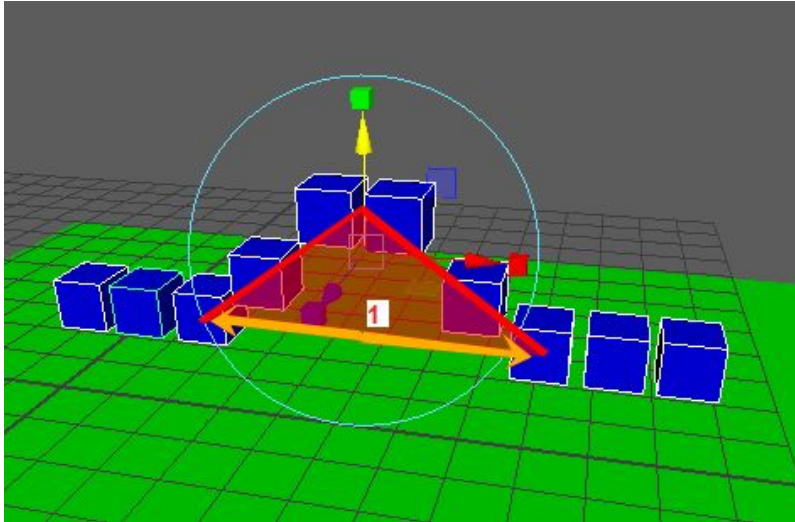
Si voleu fer que l'àrea d'influència (figura 2.101 punt 1) de l'eina sigui més gran o més petita, s'ajusta el paràmetre *distance cutoff* de *Tools settings* (vegeu la

figura 2.97 punt 2). Els objectes que quedin més enllà d'aquesta àrea no es veuran afectats.

FIGURA 2.100. Limitació de distància



FIGURA 2.101. Efecte de la limitació de distància

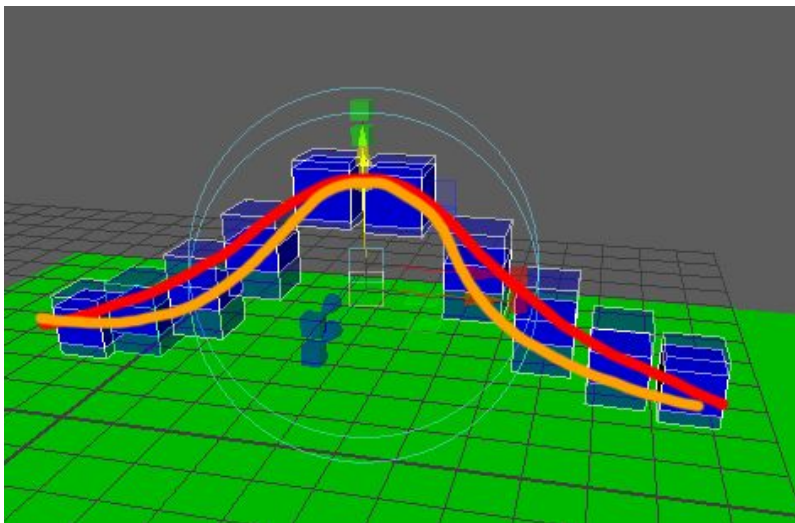


Si seleccioneu l'opció *Power*, a més, podreu ajustar l'**exponent** (vegeu la figura 2.102). Això fa que la part central de la campana es concentri més o menys segons si l'exponent és més o menys gran respectivament (vegeu la figura 2.103).

FIGURA 2.102. Exponent de l'opció 'Power'

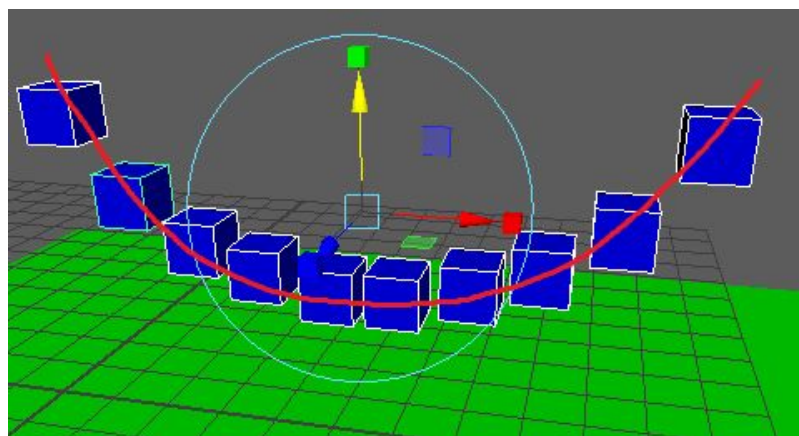


FIGURA 2.103. Efecte de diferents exponents amb l'opció 'Power'



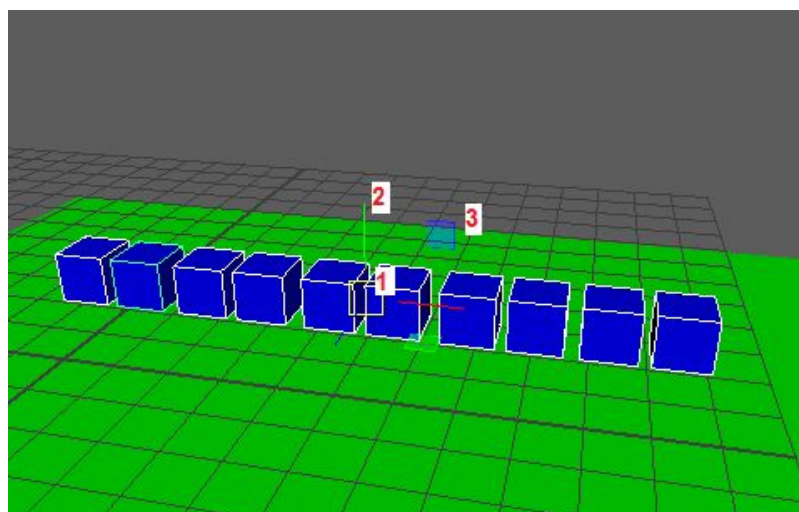
Si introduïu un **exponent negatiu**, podeu fer que la influència s'inverteixi, de manera que sigui més intensa com més lluny es trobi del manipulador (vegeu la figura 2.104).

FIGURA 2.104. Efecte d'un exponent negatiu amb l'opció 'Power'



Finalment, podeu **desplaçar el manipulador** si una vegada seleccionats els objectes i l'eina premeu la drecera **D** al teclat. Observareu que l'eina **canvia a una forma més simple** que es deixa arrossegar a un altre punt de l'escena des del quadre central (vegeu la figura 2.105 punt 1), els eixos (vegeu la figura 2.105 punt 2) o els diferents plans (vegeu la figura 2.105 punt 3).

FIGURA 2.105. Desplaçament del manipulador



Una vegada situat el manipulador, podeu fer la transformació, que prendrà com a centre d'influència la nova posició (vegeu la figura 2.106).

FIGURA 2.106. Efecte del manipulador desplaçat