

Exercicis de Càmera¹

1. (2004-2005 1Q) Donada la visualització d'una malla de triangles, tenim una interfície que ens permet seleccionar cares a base de moure un cub. Les cares seleccionades seran les interiors al cub. La grandària del cub permet modificar la grandària de la zona a seleccionar. Quan es mou el cub, el seu centre sempre està a sobre d'un dels triangles de la malla i el cub es va orientant de forma automàtica, de manera que quatre de les seves arestes tenen la direcció del vector normal al triangle que conté el centre del cub. Volem que les cares seleccionades es visualitzin en una segona finestra gràfica mentre movem el cub. Si la interfície ens retorna les coordenades del centre del cub, la normal del triangle que conté el centre i la longitud de les arestes del cub, descriu i justifiqueu els paràmetres de la càmera que hauríem de definir per a garantir que els triangles seleccionats es visualitzin en la vista de la segona finestra gràfica ocupant el màxim d'aquesta.
2. (2004-2005 2Q) Tenim una càmera perspectiva amb el **VRP** a l'origen de coordenades. Volem que un triangle de vèrtexs $(2,0,0)$, $(0,2,0)$, $(0,0,2)$ en el sistema de coordenades de l'aplicació es vegi **també** equilàter a la vista. Quins valors hem de donar als altres paràmetres que defineixen la càmera?
3. (2005-2006 1Q) Una escena està formada per dues esferes A i B. L'esfera B té radi 3 i està centrada en el punt $(5,0,0)$, i l'esfera A té radi 2 i es troba centrada al punt $(12,0,0)$. Podem definir una càmera perspectiva tal que faci que, si pintem l'escena amb eliminació de parts ocultes, només veiem l'esfera A –sense retallar– donat que l'esfera B queda totalment amagada darrere de l'esfera A? Indica com calcularies tots els paràmetres de la càmera.
4. (2006-2007 Q1) Estem inspeccionant un objecte modelat amb molts triangles i ens volem fixar en una zona quasi plana P (els triangles d'aquesta zona estan tots quasi en el mateix pla). La zona té unes dimensions de 4×7 mm. La interfície ens dona el punt mig de la zona P , i el vector normal del seu pla aproximat, \mathbf{n} . La distància màxima entre aquest pla aproximat i els vèrtexs dels triangles de la zona que volem inspeccionar és d'1 mm. Especifica una càmera que ens permeti veure bé la zona que volem inspeccionar.
5. (2006-2007 Q1) Estem inspeccionant una escena i definim els paràmetres de la càmera a partir de la seva esfera contenidora. Quin inconvenient pot tenir fixar el valor de la relació d'aspecte de la càmera a 1?
6. (2006-2007 Q1) Tenim una càmera perspectiva definida per $\text{OBS}=(0., 50., 0.)$, $\text{VRP}=(0., 0., 0.)$, $\mathbf{up}=(0., 0., 1.)$ i tal que l'angle alfa d'obertura de la càmera és de 45 graus. Indica (i justifica) quines podrien ser les coordenades (en el sistema de coordenades de l'aplicació) d'un punt que veiem al centre de la vora superior de la vista. (Per si ho necessites: $\sin(45)=0.707$; $\cos(45)=0.707$; $\tan(45) = 1$).
7. (2006-2007 Q2) Una escena consisteix en una esfera de radi R el centre de la qual es mou al llarg d'una trajectòria triangular amb vèrtexs A, B i C de coordenades conegudes. Calcula la posició d'una única càmera perspectiva capaç de mostrar-nos tota l'evolució de l'objecte al llarg de la seva trajectòria a una vista (*viewport*) de 800×600 píxels (amplada \times alçada), de forma que:
 - La direcció de visió sigui perpendicular al pla de la trajectòria.
 - L'objecte no resulti retallat en cap instant.
 - No hi hagi deformacions.

¹ Basats en exercicis d'examen de les assignatures VIG del pla 2013 d'Enginyeria Informàtica i IDI del Grau en Enginyeria Informàtica (a partir del curs 2011-2012). Els darrers són els més recents. Recordeu que en la DAFIB i en la web de la biblioteca hi ha la solució de molts dels exàmens.

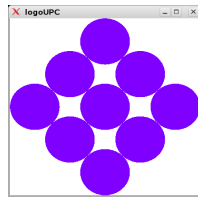
- La vista s'aprofita raonablement (al màxim possible, però s'accepta una bona aproximació si resulta substancialment més senzilla de calcular sense importants pèrdues d'espai a la pantalla).
8. (2006-2007 Q2P) Diposem d'una càmera axonomètrica amb els següents paràmetres: $OBS=(0,0,0)$, $VRP=(0,0,-1)$, $VUV=(0,1,0)$, Window de $(-5, -5)$ a $(5, 5)$, $Z_n=5$, $Z_f=10$. Indiqueu un altre conjunt de paràmetres que defineixin exactament el mateix volum de visió, però donant a **OBS**, **VRP**, **up**, Z_n i Z_f valors diferents. Justifiqueu la resposta.
 9. (2006-2007 Q2P) Indiqueu les tres inicialitzacions independents que requereix una càmera per aconseguir les vistes ortogonals (planta, alçada i perfil) d'una escena tal que la seva esfera contenidora està centrada a l'origen i té radi 20. Concretament, cal que indiqueu els paràmetres de les transformacions geomètriques que s'aplicaran als objectes (amb OpenGL) per a veure l'escena en planta, alçat i perfil. Nota: al començar cada inicialització tenim com a viewMatrix la matriu identitat. No cal que inicialitzeu la projectMatrix.
 10. (2006-2007 Q2P) Tenim un rectangle centrat a l'origen de coordenades amb els costats paral·lels als eixos X i Y de l'aplicació i de mides 4cm d'ample i 3cm d'alçada. Tenim una càmera inicialitzada amb $OBS=(0,0,5)$, $VRP=(0,0,0)$, $VUV=(0,1,0)$. El viewport és de 400 píxels d'ampada i 600 d'alçada. Indiqueu els paràmetres amb què cal inicialitzar l'òptica perspectiva de manera que encara que fem girar el rectangle respecte l'eix Z de l'aplicació sempre es visualitzi sense deformacions en el viewport i sense ser retallat. Nota: la càmera és fixa, és a dir, encara que girem el rectangle NO modifiquem la càmera.
 11. (2006-2007 Q2P) Tenim una escena amb moltes esferes, totes elles de radi R. La seva ubicació és arbitrària, però sabem que la distància mínima entre centres de qualsevol parella d'esferes és no inferior a $4 \cdot R$. Cada esfera guarda informació de la posició del seu centre i dels tres vectors unitaris v_x, v_y, v_z que defineixen un sistema local de coordenades (diferent per cada una d'elles). La superfície de l'esfera conté un text en relleu, que es llegeix bé quan es projecta en la direcció Z del seu sistema local; en aquest cas, el text segueix la direcció de l'eix X d'aquest sistema de coordenades de l'esfera. Especifiqueu els paràmetres d'una càmera que visualitzi una de les esferes de manera que es llegeixi bé el seu text. Heu d'evitar que el text sigui tapat totalment o parcialment per altres esferes de l'escena. La vista (viewport) té una mida de 600 píxels d'ample i 400 d'alçada.
 12. (2007-2008 Q1) Disposem del model geomètric de les cares i vèrtexs d'un cub amb longitud d'aresta l i ubicat en una posició i orientació arbitrària en l'espai. L'usuari selecciona una de les seves cares (cara_i). Descriviu el procediment per a calcular totes les inicialitzacions d'una càmera (posició, orientació, tipus,...) que permeti visualitzar la cara_i en pantalla en veritable magnitud; és a dir, que multiplicant per un mateix factor d'escala les seves mides en píxels és corresponguin a les reals. El viewport és de 1024x1024. Suposeu que teniu accés a tota la informació geomètrica de la cara_i.
 13. (2007-2008 Q1P) Una escena està formada per dos cubs, un de costat 20 centrat al punt $(0,0,0)$, i l'altre de costat 10 centrat al punt $(15,0,0)$. Indiqueu TOTS els paràmetres d'una càmera que permeti veure a la vista dos quadrats, un damunt de l'altre (el més gran a sota), de manera que ocupin el màxim de la vista (viewport). Cal que indiqueu la posició i orientació de la càmera especificant **VRP**, **OBS** i **up**.
 14. (2007-2008 Q2) Disposem d'una càmera definida amb $OBS=(10.0,0,0)$, $VRP=(0,0,0)$, $up=(0,1,0)$, $ZN=3$, $ZF=6$, $FOV=60$, $ra=1$ i un viewport de $(1024,1024)$ píxels. Escriu el tros de codi OpenGL requerit per a definir la mateixa càmera (indicant el valor de tots els seus paràmetres). Per a la definició de la posició i orientació de la càmera utilitzeu transformacions geomètriques (i no la lookAt()).
 15. (2007-2008 Q2) Tenim una escena amb dos cubs amb arestes alineades amb els eixos. Un d'ells està centrat a l'origen i és de costat 2, l'altre està centrat al punt $C=(4,0,0)$ i és de costat 4. La posició i orientació de la càmera es defineix com: $OBS=(10,0,0)$, $VRP=(0,0,0)$ i $up=(0,1,0)$.

Tenim una càmera ortogonal amb window: left=-2, right=2, bottom=-2, top=2 i ZNear=6 i ZFar=12 i un viewport de 512 x 512. Sabem que el cub petit és de color (1,0,0) i el gran és de color (0,1,0), i que usem z-buffer, backface culling i mode "fill" per a la visualització de les cares. Indiqueu què es veurà en el viewport i de quin color.

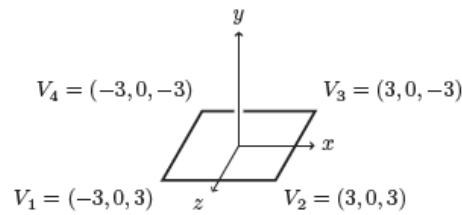
16. (2007-2008 Q2P) Com ja sabeu, quan la finestra GLWidget pateix algun canvi de dimensions, s'han d'actualitzar alguns paràmetres de la càmera. Quins? Per què? Indiqueu les instruccions d'OpenGL que cal utilitzar.
17. (2007-2008 Q2P) Tenim una escena formada per tres cubs amb costats de mida 10, centrats en els punts $C1=(0,0,10)$, $C2=(0, 10, 0)$ i $C3=(10, 0, 0)$. Quan es pinta l'escena en filferros volem veure en la vista tres quadrats situats en forma de L, i que el quadrat de la cantonada de la L quedi centrat a la vista. Indiqueu i justifiqueu la inicialització de tots els paràmetres d'una càmera que permeti obtenir la imatge descrita. Els paràmetres de posicionament cal indicar-los:
 - per a inicialitzar la càmera amb `lookAt()`
 - per a definir la `viewMatrix` amb transformacions geomètriques.
18. (2008-2009 Q1) S'està visualitzant una escena utilitzant una càmera axonomètrica definida amb **OBS**, **VRP**, **up**, window, znear i zfar i un cert viewport. Indiqueu tots els paràmetres d'una càmera perspectiva que permeti veure, com a mínim, el mateix volum de visió que amb la càmera axonomètrica.
19. (2008-2009 Q1) Volem fer una aplicació informàtica per veure i analitzar parts de models d'estàtues clàssiques. En concret, volem poder visualitzar cada un dels dits de les mans. El model de cada estàtua és una malla de triangles, i per cada dit de cada mà tenim la llista de triangles que el formen i dos punts 3D: un a la base del dit (punt B) i un altre a la punta (punt P). També tenim el vector n promig dels vectors normals dels triangles de la seva ungla. Definiu tots els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permeti veure un dit determinat de la estàtua, de manera que aquest sempre quedi horitzontal dins la vista i es vegi amb la normal promig de l'ungla mirant cap a la càmera.
20. (2008-2009 Q1P) Inicialitzeu, adequadament, tots els paràmetres d'una càmera perspectiva (definida amb `lookAt` i `perspective`) de manera que el segment definit pels vèrtexs $(3,0,0)$ i $(6,0,0)$ es vegi sencer en el viewport com segment vertical que passa pel centre del viewport.
21. (2008-2009 Q1P) Escriviu un tros de codi (instruccions OpenGL) que utilitzant transformacions geomètriques defineixi la mateixa matriu `viewMatrix` que la requerida en l'exercici anterior. Justifiqueu la resposta.
22. (2008-2009 Q1P) S'està visualitzant un objecte amb una càmera perspectiva. A l'avançar la càmera cap a l'objecte (només es modifica la posició de l'observador), s'obté un efecte semblant al zoom. Passa el mateix amb una càmera axonomètrica? Per què?
23. (2008-2009 Q1P) Donada la visualització d'una escena, quin és l'efecte que s'observa en la imatge obtinguda quan es fa un pan? Quins paràmetres de la càmera cal modificar per a fer un pan? Com s'han de modificar i per què?
24. (2008-2009 Q1P) Un arquitecte disposa d'una imatge en pantalla en la que veu la paret d'un edifici que li ocupa des del píxel (150, 100) al píxel (450, 300). Sap que la paret està completament perpendicular a la direcció de visió, i vol saber les mesures en metres d'amplada i alçada de la paret. Se sap que la vista (viewport) és de 600x400 píxels, i que s'ha usat una càmera axonomètrica definida amb uns paràmetres del window (en metres) de: left=-60, right=60, bottom=-60, top=60. Pot deduir quines són les dimensions de la paret que està veient? Si la resposta és afirmativa, calculeu aquestes dimenions. Justifiqueu la resposta.
25. (2008-2009 Q2P) Tenim una escena formada per un sol segment definit entre els punts $(0,0,3)$ i $(0,0,-3)$. Volem visualitzar la totalitat d'aquest segment en un viewport de 300x300 píxels usant una càmera perspectiva de manera que el segment travessi el viewport diagonalment

des de la cantonada superior esquerra fins a la cantonada inferior dreta. Es demana: el tros de codi d'OpenGL requerit per a definir tots els paràmetres d'una càmera que produeixi la visualització indicada. La ubicació de la càmera s'ha de definir mitjançant transformacions geomètriques. Justifiqueu els procediments per decidir els valors escollits.

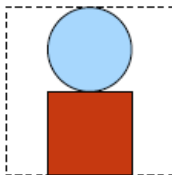
26. 2008-2009 2Q) La Degana de la FIB ens ha demanat que fem un logo de la UPC per computador, però amb el conjunt d'esferes girat 45 graus (veure figura). Totes les esferes tenen el seu centre ubicat en el pla XZ (és a dir, la seva $y=0$). Disposem d'una acció `pinta_esfera(R)` que pinta una esfera de radi R centrada en l'origen de coordenades. El viewport és quadrat i ocupa tota la finestra gràfica i, per tant, es defineix amb `glViewport(0, 0, w, h)`. Defineix TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permet generar la figura adjunta i indica el codi requerit per a generar la imatge (definició de la càmera i pintat de la geometria). Dóna el codi per a definir la `viewMatrix` tant amb transformacions geomètriques com amb `lookAt`.



27. (2009-2010 Q1) Considereu la piràmide de la figura. Els seus vèrtexs es troben a les coordenades $(0; 0; 0)$, $(10; 0; 0)$, $(0; 10; 0)$, $(0; 0; 10)$.
- Implementa una funció `pintaPiramide()` que faci les crides a OpenGL necessàries per a pintar aquesta piràmide. No cal fixar les propietats de material de l'objecte, però cal tenir en compte que la piràmide s'ha de veure correctament il·luminada si la il·luminació està activada.
 - Defineix TOTS els paràmetres d'una càmera ortogonal que quan es pinti la piràmide permeti veure a la vista un triangle equilàter amb la base horitzontal i de manera que es vegi centrat en un window de dimensions 20×16 . Escriu el tros de codi OpenGL que defineix aquesta càmera usant transformacions geomètriques per a definir la matriu `viewMatrix`.
 - Quin podria ser un viewport que permeti veure aquest triangle sense deformació? Quina serà la seva relació d'aspecte?
28. (2009-2010 2Q) Tenim una càmera ortogonal definida de la següent manera:
 $\text{Ortho}(-1.0, 1.0, -1.0, 1.0, 1.0, 10.0)$
 Asumint la mateixa posició de l'observador, quin és el mínim angle d'obertura vertical amb el qual s'ha de definir la següent càmera perspectiva, per tal que el volum de visió de la càmera ortogonal estigui totalment inclòs al seu volum de visió? perspective (fovy, 1.0, 1.0, 10.0)
29. (2009-2010 2Q) Donat el tetraedre definit pels vèrtexs: $V1=(0; 0; 0)$, $V2=(10; 0; 0)$, $V3=(0; 10; 0)$ i $V4=(0; 0; 10)$, i 10 pintant amb omplert de polígons, volem veure a la vista una imatge que ens mostra tres triangles iguals compartint un vèrtex que queda al mig de la vista. Defineix tots els paràmetres d'una càmera que ens permeti veure justament aquesta imatge a la vista, i escriu el tros de codi OpenGL que defineixi aquesta càmera.
30. (2009-2010 Q2P) Volem dibuixar el quadrat que es mostra a la figura, en una vista que té l'origen a $(0; 0)$, i és de 800×600 píxels.
- Dóna una elecció possible (concreta) de la posició de l'observador **OBS**, del view reference point **VRP**, i view up vector **VUP**, tals que en dibuixar aquest quadrat el punt $V1$ sigui sobre la mateixa recta vertical a la vista que passi per $V3$.
 - Dóna codi OpenGL per a posicionar i orientar la càmera definida a l'apartat anterior, usant transformacions geomètriques. No facis servir `lookAt()`.
 - Dóna codi OpenGL que defineixi una matriu `projectMatrix` que es pugui fer servir en conjunció amb la càmera que hagi definit als apartats anteriors de tal manera que el quadrat es dibuixi sense deformacions, i els vèrtexs $V1$ i $V3$ apareguin just a la vora de la vista.



31. (2010-2011 Q1P) Una escena té n objectes; per a cada objecte es disposa tant de la seva capsa mínima contenidora com de la seva geometria (cares i vèrtexs) en coordenades de l'aplicació. Especifiqueu i justifiqueu els valors de TOTS els paràmetres (posició, orientació i tipus) que defineixen una càmera perspectiva que ha de permetre visualitzar el tercer objecte de l'escena, centrat i maximitzant la seva imatge en el *viewport*, sense retallar i sense tenir deformacions per la relació d'aspecte del *viewport* actiu. La posició i l'orientació de la càmera especifiqueu-la mitjançant transformacions geomètriques i també donant els valors d'OBS, VPR i vector **up** que permeten definir la mateixa càmera.
32. (2010-2011 Q1) Desitjem inspeccionar un objecte situat en una posició qualsevol de l'espai; a tal efecte, volem obtenir "n" imatges seves ubicant una càmera ortogonal en l'equador d'una esfera contenidora de l'objecte (cada $360/n$ graus). Disposeu de les dades de la capsa contenidora de l'objecte i de l'acció `PintaObjecte()` que realitza les crides de pintat d'OpenGL. Indiqueu l'algorisme que permetria obtenir les imatges desitjades. Cal indicar els valors de TOTS els paràmetres de la càmera (o el codi OpenGL corresponent). El *viewport* és quadrat. Justifiqueu els valors escollits.
33. (2010-2011 Q2) Tenim una escena formada per un cub de costat 4 centrat a l'origen de coordenades, i una esfera de radi 2 centrada al punt $(-4, 2, 0)$. Tenint en compte que no usem il·luminació i els objectes es pinten amb color constant, indica TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica per a què en la visualització de l'escena es vegi a la vista un quadrat amb un cercle al damunt centrats tots dos sobre la mateixa línia vertical, tal i com indica la figura. La vista és de 512×512 píxels.



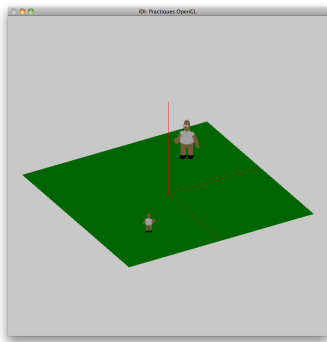
34. (2011-2012 1Q) L'esfera contenidora d'una escena està centrada al punt $C=(5,5,0)$ i té radi $R=3$. Defineix TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permeti veure l'escena en planta, sencera, sense deformacions i ocupant el màxim d'una vista de 800×400 píxels.
35. (2011-2012 1Q) Tenim un triangle rectangle amb els vèrtexs $V1=(2,0,-2)$, $V2=(0,0,0)$ i $V3=(4,0,4)$. Escriu el codi OpenGL que defineix una càmera perspectiva de manera que els vèrtex en Sistema de Coordenades de Dispositiu (SCD) en un *viewport* de 800×400 píxels siguin $V1scd=(0,400)$, $V2scd=(0,0)$ i $V3scd=(800,0)$. Defineix els paràmetres de posició i orientació mitjançant transformacions geomètriques (no usis `lookAt`).
36. (2011-2012 1Q) Tenim el model geomètric d'un cub de costat 4, centrat en el punt $(2,2,2)$ amb les cares paral·leles als plans de coordenades. Tenint en compte que no usem il·luminació i les cares es pinten totes amb el mateix color, indica TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica que genera com imatge del cub un hexàgon regular. La vista és de 512×512 píxels. Justifica la resposta. Doneu dues inicialitzacions alternatives de la *viewMatrix*: una amb transformacions geomètriques i altre usant `lookAt(..)`.

37. (2011-2012 2QP) En la visualització d'una escena la posició i orientació d'una càmera s'ha definit mitjançant la instrucció `lookAt(...)`; essent $OBS=(10,0,0)$, $VRP=(2,0,0)$ i $up=(0,0,-1)$. Indica i justifica el fragment de codi que es requereix per a obtenir la mateixa visualització de l'escena tot definint la transformació de càmera mitjançant transformacions geomètriques.
38. (2011-2012 2QP) En la una sessió extra de la pràctica d'IDI és demana inicialitzar una càmera perspectiva per aconseguir la vista en planta d'una escena tal que la seva esfera contenidora està centrada en $(10,0,4)$ i té radi 20. L'escena no ha de resultar retallada, no ha d'haver deformacions i el *viewport* s'ha d'aprofitar raonablement (el màxim possible). Indica i justifica la inicialització de tots els paràmetres d'aquesta càmera, suposant que el *viewport* és de 600×400 .
39. (2011-2012 2QP) En la pràctica d'IDI s'ha d'inicialitzar una càmera perspectiva que permet visualitzar tota l'escena maximitzant la seva grandària en el *viewport*. A tal efecte, els seus paràmetres és calculen a partir de l'esfera contenidora de l'escena. Suposant que aquesta es coneguda, indica i justifica la inicialització de tots els paràmetres d'aquesta càmera, suposant que el *viewport* és de 600×400 .
40. (2011-2012 2Q) Donada una càmera en primera persona perspectiva i un *viewport* quadrat, quins dels seus paràmetres caldrà modificar en els següents casos:
- S'avança cap al davant de la càmera (en la direcció de visió).
 - Es modifica la relació d'aspecte de la pantalla (és fa un *resize*).
 - Es vol realitzar un *zoom*.
 - S'inclina la càmera, mantenint la mateixa direcció de visió.
- Raona** la resposta en base a la mateixa definició de la càmera en tots els casos, usant *perspective()* i *lookAt()* o bé transformacions geomètriques.
41. (2012-2013 1Q) Tenim un rectangle centrat a l'origen de coordenades amb els costats paral·lels als eixos X i Y de l'aplicació i de mides 4cm d'ample i 3cm d'alçada. Tenim una càmera inicialitzada amb $OBS=(0,0,5)$, $VRP=(0,0,0)$, $VUV=(0,1,0)$. El *viewport* és de 400 píxels d'amplada i 600 d'alçada. Indiqueu els paràmetres amb què cal inicialitzar *perspective()* de manera que encara que fem girar el rectangle respecte l'eix Z de l'aplicació sempre es visualitzi sense deformacions en el *viewport* i sense ser retallat.
- Nota: la càmera estarà fixa, és a dir, encara que girem el rectangle NO modifiquem la càmera.
42. (2012-2013 2Q) Imaginem una escena formada per: un terra representat per un quadrat de 10×10 situat en $y=0$ i centrat en $(0,0,0)$, i 2 arbres que tenen el centre de la base dels seus troncs en els punts $(-2.5,0,0)$ i $(2.5,0,0)$ respectivament, i una alçada de 5. Un gegant camina sobre el terra mirant l'escena. Inicialment té ubicada la càmera en la posició $(0,3.5,5)$ mirant cap el punt $(0,3.5,0)$ cap al qual avança, i amb un **up** inicial igual a $(0,1,0)$. El gegant pot fer dues accions: girar o avançar; però sempre enfoca la càmera en la direcció d'avançament. Indiqueu com actualitzar els paràmetres de la càmera **OBS**, **VRP** i **up** en els següents casos:
1. Cada cop que el gegant gira "fita" graus cap a la seva esquerra per modificar la seva direcció d'avançament.
 2. Cada cop que el gegant es mou "lambda" unitats en la seva direcció d'avançament.
43. (2012-2013 2Q) Indica quina de les inicialitzacions de l'òptica perspectiva és més apropiada per a una càmera que porta un observador que camina per una escena fent fotos (com en la pregunta 57). Observació: ra_v és la relació d'aspecte del *viewport*.
1. **FOV=60º, $ra=ra_v$, $zNear=0.1$, $zFar=20$**
 2. $FOV=60^\circ$, $ra=ra_v$, $zNear=R$, $zFar=3R$; essent R el radi de l'esfera contenidora de l'escena.
 3. $FOV=2 \cdot (\arcsin(R/d) \cdot 180/\pi)$; $ra=ra_v$, $zNear=R$, $zFar=3R$; essent R el radi de l'esfera contenidora de l'escena i d la distància d'**OBS** a **VRP**.
 4. $FOV=2 \cdot (\arcsin(R/d) \cdot 180/\pi)$, $ra=ra_v$, $zNear=0$, $zFar=20$; essent R el radi de l'esfera contenidora de l'escena i d la distància d'**OBS** a **VRP**.
- 44 (2013-2014 1Q). Es disposa d'una funció *pinta_escena* que envia a pintar la geometria que permet configurar una escena (veure figura) formada per:

- un terra ubicat en el pla $Y=0$ amb centre $(0,0,0)$ i de mides 10×10 .
- un homer d'alçada 1 amb el seu nas mirant cap l'eix Y i amb el centre de la base de la seva capsa en $(-2.5,0,2.5)$. Altre homer amb el centre de la capsa de la seva base en $(2.5,0,-2.5)$, alçada 2 també mirant cap l'eix Y .

S' observa l'escena amb una càmera posicionada amb $VRP=(0,1,0)$, $OBS=(20,1,20)$ i $up=(0,1,0)$, i una òptica axonomètrica amb un $window=(-7.5,7.5,-7.5,7.5)$, $Znear=1$ i $Zfar=50$. Contesta i raona les respostes següents:

- Si el viewport és de 600×600 , dibuixa la imatge que es veuria (pots aproximar els "ninots" per cilindres i indicar l'orientació del seu nas amb una fletxa).
- Si en comptes d' una òptica axonomètrica, utilitzes una de perspectiva amb $ra=1$, els mateixos $Znear$ i $Zfar$, i un angle FOV que permet veure el mateix tros d' escena, observaries alguna diferència en la image final?



- 45 (2013-2014 1Q). Una esfera de radi 1 es visualitza en un *viewport* quadrat de 400 per 400, amb una càmera posicionada correctament amb angles d' Euler, i on el mètode per a definir la projecció de la càmera utilitza la següent crida:

```
perspective(60.0, 1.0, 1.0, 10.0);
```

- L'usuari ha redimensionat la finestra a 500 d'amplada per 400 d'alçada. Digues què cal canviar de la càmera per tal que es vegi l'esfera correctament (sense retallar-la ni deformar-la).
- Incrementar l'angle d'obertura vertical (FOV) i la relació d'aspecte del *window*.
 - Augmentar la relació d'aspecte del *window* i la distància al $ZNear$.
 - Només augmentar la relació d'aspecte del *window*.**
 - Només canviar l'angle d'obertura vertical (FOV).

- 46 2013-2014 1Q) Quan s' inicialitza la càmera, en quin ordre cal indicar les transformacions de càmera i el viewport a OpenGL?

- No importa l' ordre en què s' indiquen.
- Transformació de posició+orientació, transformació de projecció, viewport.
- La transformació de projecció, transformació de posició+orientació, viewport.
- Viewport, transformació de projecció, transformació de posició+orientació.

- 48 (2013-2014 1Q) Una escena representa un mini sistema solar format pel sol, un planeta i un satèl·lit. Tots es representen per esferes: el sol per una de radi 5 amb centre a l'origen de coordenades, el planeta per una de radi 3 que gira entorn del sol sobre una circumferència de radi 20, i el satèl·lit per una de radi 1 que gira entorn del planeta en una òrbita circular de radi 5. Suposant que es disposa d'un mètode `pinta_escena()`. Indica TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica per veure una vista en planta de l'escena anterior, sense retallar, sense deformació, i optimitzant l'espai en un viewport quadrat. Defineix la posició i orientació de la

càmera amb transformacions geomètriques. Dibuixa també la imatge que obtindries. Justifica l'elecció de cadascun dels paràmetres.

- 48 (2013-2014 1Q) Disposem d'una càmera ortogonal amb els següents paràmetres: $OBS=(0,0,0)$, $VRP=(-1,0,0)$, $up=(0,1,0)$, window de $(-5,-5)$ a $(5,5)$, $ra=1$, $zn=5$, $zf=10$. Indiqueu quin conjunt de paràmetres d'una càmera perspectiva defineix un volum de visió que conté l'anterior (és a dir, garanteix que es veurà, com a mínim, el mateix que amb la càmera axonomètrica):

- a. **FOV= 90, ra=1, zn= 5, zf=10**
- b. FOV= 60, ra=1, zn=5, zf=10
- c. FOV= 60, ra= 2, zn=6, zf=11
- d. FOV= 90, ra= 0.5, zn=5, zf=10

- 49 (2013-2014 1Q) Per a posicionar una càmera perspectiva a una determinada distància del VRP i en una determinada orientació, el codi OpenGL ha de realitzar una sèrie de crides de transformacions geomètriques. Digues quina de les combinacions següents de crides a rotacions i translacions conté les crides necessàries i està en l'ordre correcte:

- a. Rotació respecte X, rotació respecte Z, rotació respecte Y, translació -VRP.
- b. Rotació respecte Z, rotació respecte Y, rotació respecte X, translació -VRP i translació en Z -distància.
- c. **Translació en Z -distància, rotació respecte Z, rotació respecte X, rotació respecte Y, translació -VRP.**
- d. Rotació respecte Z, rotació respecte Y, rotació respecte X, translació -VRP.

- 50 (2013-2014 1Q) Una escena està formada per dos avions. Un avió tindrà el centre de la seva capsa mínima contenidora en el $(0,0,0)$ i estarà orientat cap l'eix X^+ ; l'altre avió tindrà en centre de la seva capsa mínima contenidora en $(0,0,120)$ i orientat cap l'eix Z^+ . La llargada dels avions és 100 i de punta a punta de les ales 100.

Indica els paràmetres d'una càmera ortogonal (posició + orientació amb transformacions geomètriques, i òptica) i codi OpenGL que permeti veure només el primer dels dos avions en una vista que permeti veure tant el seu cilindre central com les seves "ales". Dibuixa la imatge resultant i justifica l'elecció de tots els paràmetres. El viewport és quadrat.

- 51 (2013-2014 1Q) Disposem d'una càmera axonomètrica amb els següents paràmetres: $OBS=(0,0,0)$, $VRP=(-1,0,0)$, $up=(0,1,0)$, window de $(-5,-5)$ a $(5,5)$, $zn=5$, $zf=10$. Indiqueu quin altre conjunt de paràmetres de càmera defineix exactament el mateix volum de visió (és a dir, garanteix generar exactament la mateixa imatge de l'escena):

- a. **$OBS= (1,0,0)$, $VRP= (0,0,0)$, $up=(0,2,0)$, $zn= 6$, $zf=11$**
- b. $OBS= (0,1,0)$, $VRP=(0,0,0)$, $up= (0,1,0)$, $zn=5$, $zf=10$
- c. $OBS= (0,0,0)$, $VRP=(-2,0,0)$, $up=(0,1,0)$, $zn=6$, $zf=11$
- d. $OBS= (-1,0,0)$, $VRP=(0,0,0)$, $up=(0,1,0)$, $zn=-1$, $zf=9$

- 52 (2013-2014 1Q) Quan s'envia un vèrtex al procés de visualització, OpenGL realitza una sèrie de transformacions per a obtenir el píxel en què cal pintar-lo. Quina d'aquestes seqüències es correspon amb les transformacions que es fan?

- a. Transformació de viewmatrix, transformació de projecció, transformació window-viewport.
- b. Transformació de projecció, transformació window-viewport, transformació de viewmatrix.
- c. Transformació de projecció, transformació de viewmatrix, transformació de window-viewport.
- d. Transformació de window-viewport, transformació de projecció, transformació de viewmatrix.

53. (2013-2014 1Q) En les inicialitzacions prèvies al pintat d'una escena, tenim la següent seqüència d'instruccions OpenGL que defineix una càmera amb un window quadrat i un viewport també quadrat:

```
PM=perspective(myFovy, 1.0, myNear, myFar); projectMatrix(PM);  
glViewport (0, 0, 400, 400);
```

quina diferència s'observaria en la visualització de l'escena si les canviem per:

```
PM=perspective (myFovy, 2.0, myNear, myFar); projectMatrix (PM);  
glViewport (0, 0, 400, 400);
```

- a. Cap perquè la relació d'aspecte de la càmera és superior a la del *viewport*, per això no cal modificar res més.
- b. L'escena es veurà deformada amb el doble de llargada que amplada.**
- c. L'escena es veurà deformada amb el doble d'amplada que llargada.
- d. Com no hem modificat FOV, es veurà retallada l'escena respecte l'inicial.

54. (2013-2014 2Q) Disposem del model geomètric d'un objecte i de la funció `pinta_model()` que encapsula les primitives gràfiques requerides per a pintar les seves cares. Els vèrtexs extrems de caps mínima contenidora del model tenen coordenades $(x_{min}, y_{min}, z_{min})$ i $(x_{max}, y_{max}, z_{max})$. El "davant" del model està orientat segons les X^+ . Es vol visualitzar una escena formada per dos instàncies del model: una d'elles (objecte 1) amb el centre de la base de la seva caps a l'origen de coordenades i l'altra (objecte 2) amb el centre de la base de la caps al punt $(5,0,5)$. Les caps dels dos objectes han de tenir alçada=2, amplada=1, fondària=1, i els seus davants s'han d'estar mirant.

Disposem també d'un mètode `pinta_escena()` que utilitzant `pinta_model()` permet generar l'escena.

Indiqueu i justifiqueu tots els paràmetres d'una càmera perspectiva ubicada en el centre de l'objecte 2 que mira cap al centre de l'objecte 1 i que permet veure l'objecte 1 optimitzant l'espai d'un viewport de 600x500 sense deformacions. La posició de la càmera l'heu de definir amb VRP, OBS i up. Observació: quan es visualitza l'escena utilitzant aquesta càmera no s'envia a pintar l'objecte 2. Podeu deixar indicats (però explicats) els càlculs que requereu.

55. (2013-2014 2Q) En les inicialitzacions prèvies al pintat d'una escena, tenim la següent seqüència
- ```
PM=perspective (myFovy, 2.0, myNear, myFar); projectMatrix(PM);
glViewport (0,0, 400,400);
```

Si la mida de la pantalla és de 800x400 i no es modifica, quina diferència s'observaria en la imatge que es visualitzarà si modifiquem el codi a:

```
PM=perspective (myFovy, 1.0, myNear, myFar); projectMatrix(PM);
glViewport (0,0, 200,200);
```

- a. Com reduïm tant el *window* com el *viewport*, es veurà la mateixa imatge però ocupant un quart de la pantalla.
- b. En la nova imatge es veurà l'escena sense deformacions però potser retallada en amplada respecte a la imatge anterior.**
- c. En la nova imatge es veurà l'escena sense deformacions però potser retallada en alçada respecte a la imatge anterior.
- d. Com la pantalla té relació d'aspecte 2, en la imatge inicial es veia l'escena sense deformacions i ara es veurà deformada.

56. (2013-2014 2Q) Disposem de la funció `pinta_model()` que encapsula les primitives gràfiques requerides per a pintar les cares d'un *legoman*. Els vèrtexs extrems de caps mínima contenidora del model tenen coordenades  $(x_{min}, y_{min}, z_{min})$  i  $(x_{max}, y_{max}, z_{max})$ , i el seu "davant" està orientat segons les  $Z^+$ .

Disposem de la funció `pinta_escena()` que, utilitzant el mètode `pinta_model()`, permet visualitzar una escena formada per dues instàncies del *legoman*: una (*legoman 1*) amb alçada=2,

i l'amplada i la fondària igual a 1; el centre de la base de la seva capsa ha d'estar a l'origen de coordenades i el seu davant en la direcció de les  $Z^+$ . L'altra instància (*legoman 2*) tindrà una capsa el doble de gran que la del *legoman 1* i ubicada a sobre seu, però amb el seu "davant" mirant cap a  $Y^+$ , l'eix Y (de l'escena) passant pel seu centre i essent l'eix que travessa el *legoman 2* de cap a peus paral·lel a l'eix X (de l'escena).

Indiqueu i justifiqueu tots els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permet veure a la pantalla només el *legoman 2*, centrat en la pantalla, vertical/dret, mirant cap a la càmera i optimitzant l'espai d'un viewport de 600x600 sense deformacions. La posició de la càmera l'heu de definir amb VRP, OBS i up. Podeu deixar indicats (però explicats) els càlculs que requeriu.

57. (2013-2014 2Q) Tenim una càmera perspectiva amb els seus paràmetres correctament definits per veure tota una escena en un viewport de 400 per 600 sense deformació. Es vol realitzar un *zoom-in* per a veure l'escena ampliada. Quins paràmetres de la càmera caldrà modificar?

- Amb la configuració que tenim, únicament caldrà reduir el FOV, i no caldrà tocar cap paràmetre més.**
- Com la relació d'aspecte és menor que 1, caldrà incrementar FOV, i no caldrà tocar cap paràmetre més.
- Com la relació d'aspecte és menor que 1, no és possible fer un *zoom-in* modificant FOV, es requereix també apropar l'observador a l'escena.
- Serà necessari reduir el FOV i, segons la distància de l'observador al VRP, potser caldrà modificar  $zN$ .

58. (2013-2014 2Q) Un estudiant planteja el següent pseudocodi.

```
void paintGL() {
 glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
 glEnable(GL_DEPTH_TEST);
 Set_càmera();
 glViewport(0,0,500,500);
 pinta_escena();
 Set_càmera();
 glViewport(500,500,500,500);
 pinta_escena();
}
```

Si la pantalla (finestra gràfica) és de 1000x1000, Quina afirmació és correcta?

- Es veuran dues imatges de l'escena a la pantalla, una abaix a l'esquerra i l'altre dalt a la dreta.**
- Com no es pot modificar el *viewport* mentre s'està pintant l'escena, el resultat és indeterminat.
- El segon *viewport* no està definit correctament. La segona imatge es projectarà en un píxel.
- Si es vol pintar dues vegades l'escena, només es pot fer modificant les transformacions geomètriques que se li apliquen i pintant en un mateix *viewport*.

59. (2013-2014 2Q) Disposem del model geomètric d'un objecte i de la funció `pinta_model()` que encapsula les primitives gràfiques requerides per a pintar les seves cares. Els vèrtexs extrems de capsa mínima contenidora del model tenen coordenades ( $xmin, ymin, zmin$ ) i ( $xmax, ymax, zmax$ ). El "davant" del model està orientat segons les  $Z^+$ .

També disposem del mètode `pinta_escena()` que permet visualitzar una escena formada per dos instàncies del model: una d'elles (objecte 1) amb el centre de la base de la seva capsa a l'origen de coordenades i escalat de manera que la seva capsa és un cub d'aresta 2; i l'altra (objecte 2) queda just damunt del primer, de la meitat de la mides i cap per abaix.

Indiqueu i justifiqueu tots els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permet veure a la pantalla només l'objecte 2 cap per amunt i optimitzant l'espai d'un viewport de 600x500 sense deformacions. La posició de la càmera l'heu de definir amb VRP, OBS i up. Podeu deixar indicats (però explicats) els càlculs que requeriu.

60. (2013-2014 2Q) Suposant que tenim una càmera axonomètrica amb la seva posició definida amb VRP, OBS i up. Quina de les següents afirmacions NO es correcta?

- a. Si movem l'observador (OBS) avançant en la direcció de visió, la grandària dels objectes no s'incrementa.
- b. Com zN pot ser negatiu, no ens hem de preocupar d'actualitzar el VRP quan l'observador (OBS) avança en la direcció de visió.**
- c. Si l'observador gira per avançar en altre direcció, cal que modifiquem la posició de VRP.
- d. Com zN pot ser negatiu, podem veure objectes situats darrera de l'observador.

61 (2013-2014 2Q) La finestra gràfica (pantalla) és de 500x1000 píxels i es defineix una càmera axonomètrica amb `Ortho(-5,5,-10,10,10,20)` i un `viewport` amb `glViewport(0,0,500,1000)`. L'usuari realitza un *resize* i la finestra gràfica passa a ser de 1000x1000, es torna a enviar a pintar l'escena sense modificar el `viewport` ni els paràmetres de la `glOrtho()`. Quina de les següents afirmacions és correcta?

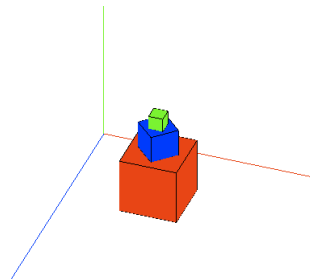
- a. Es veurà la mateixa imatge però, si abans quedava ajustada a la pantalla, ara quedarà espai buit als dos costats.
- b. Hauria de modificar el `window` a quadrat altrament hi haurà deformacions.
- c. Veurà la mateixa imatge però ocupant només la meitat esquerra de la pantalla.**
- d. Veurà més part de l'escena que abans (pels costats).

62. (2014-2015 1Q) Una escena està formada per múltiples objectes i l'observador es mou per dins d'ella. L'òptica de la càmera pot ser perspectiva o ortogonal. Indica quina de les respostes següents és certa si es pinta l'escena amb el màxim realisme que sabem (mètodes empírics d'il·luminació i *depth-buffer*):

- a. En les dues òptiques, en càmera amb primera persona, cal modificar el zNear de l'òptica a mesura que avancem si volem veure només els objectes que tenim davant.
- b. Només cal modificar algun paràmetre de l'òptica si es fa un resize.**
- c. Si es fa un resize en l'òptica axonomètrica cal modificar zNear i window, mentre que en perspectiva només FOV.
- d. En càmera perspectiva modificant el zNear i el zFar podem fer un efecte de zoom.

63 (2014-2015 1Q, P) Indica TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica que en pintar l'escena que us indiquem cridant a la funció `pinta_escena()` en un `viewport` (vista) de 800x400, es vegin a la vista només les cares superiors de tots tres cubs, centrades, ocupant el màxim del `viewport` i sense deformació. Utilitza com a paràmetres de posició i orientació OBS, VRP i Vup. Dibuixa la imatge que et quedarà a la vista i justifica les respostes.

L'escena és un pilar de tres cubs de costats 2, 1 i 0.5 respectivament (no importa el color). El cub de baix de tot té el centre de la seva base al punt (3, 0, 3), i les seves cares estan orientades segons els plans coordenats. Tots tres cubs fan pila, és a dir, les cares corresponents es toquen i comparteixen el mateix eix vertical que passa pel seu centre.



64 (2014-2015 1Q P) Tenim una escena com la de la pregunta 93 però amb la base (de la pila de cubs) centrada en el punt (X, 0, Z). Volem una càmera que miri els cubs en una vista en planta (des de dalt) i els vegi centrats a la vista. Suposant l'òptica de la càmera ben definida, indica quin dels següents trossos de codi et permetria definir amb transformacions geomètriques la posició i orientació de la càmera.

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) MV=Translate (0, 0, -5);<br>MV= MV*Rotate (-90, 0, 0, 1);<br>MV= MV*Rotate (90, 1, 0, 0);<br>MV=MV*Rotate (-90, 0, 1, 0);<br>MV=MV*Translate (X, 0, Z);<br>projectMatrix(MV); | b) MV=Translate (0, 0, -5);<br>MV=MV* Rotate (90, 1, 0, 0);<br>MV=MV* Rotate (-90, 0, 1, 0);<br>viewMatrix(MV);                                                                    |
| c) MV=Translate (0, 0, -5);<br>MV= MV*Rotate (90, 0, 0, 1);<br>MV=MV*Rotate (-90, 1, 0, 0);<br>MV=MV*Rotate (-90, 0, 1, 0);<br>MV= MV*Translate (-X, 0, -Z);<br>viewMatrix(MV);  | <b>d) MV=Translate(0, 0, -3);</b><br><b>MV= MV*Rotate (90, 0, 0, 1);</b><br><b>MV= MV*Rotate (90, 1, 0, 0);</b><br><b>MV= MV*Translate (-X, -2, -Z);</b><br><b>viewMatrix(MV);</b> |

65 (2014-2015 1QP) Tenim definida una càmera axonomètrica amb paràmetres: OBS = (0, -1, 0), VRP = (0, 0, 0); Vup = (0, 0, 1), Window = (-2, 2, -2, 2), ZNear = 1, ZFar = 4, i una relació d'aspecte de la vista de 1 (rav = 1). Indica quina de les següents càmeres perspectiva seria adient per a definir un volum de visió que inclogui completament l'anterior:

- a) **OBS=(0, -2, 0), VRP=(0, 2, 0), Vup=(0, 0, 1), FOV=90, ra=1, ZNear=2, ZFar=5.**
- b) OBS=(0, 2, 0), VRP=(0, 0, 0), Vup=(0, 1, 0), FOV=90, ra=1, ZNear=1, ZFar=4.
- c) OBS=(0, -1, 0), VRP=(0, 0, 0), Vup=(0, 0, 1), FOV=90, ra=1, ZNear=1, ZFar=4.
- d) OBS=(0, -2, 0), VRP=(0, 0, 0), Vup=(0, 0, 1), FOV=60, ra=1, ZNear=1, ZFar=4.

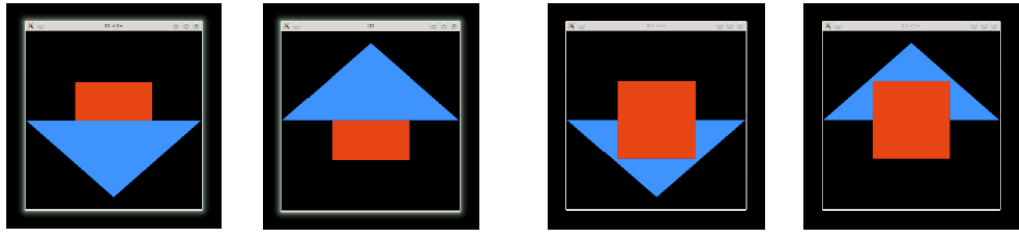
66 (2014-2015 1QP) Tenim definida correctament una càmera perspectiva que ens permet veure una escena completa sense retallar i sense deformació. Si a aquesta càmera li modiquem el FOV, indica què caldrà modificar també si no volem que hi hagi deformació:

- a) La relació d'aspecte de la vista (rav).
- b) No cal modificar res més.
- c) La relació d'aspecte del window (raw).
- d) Depèn de si incrementem o decrementem el FOV.

67 (2014-2015 1QP) Pintem una escena amb el següent codi:

```
glViewport (0, 0, 800, 800);
glEnable (GL_DEPTH_TEST);
...
// Inici definició de càmera
PM= glm::Ortho (-5, 5, -5, 5, 5, 15);
projectMatrix(PM);
MV=Translate (0, 0, -10);
MV=MV*Rotate (180, 0, 0, 1);
MV=MV*Rotate(90, 1, 0, 0);
viewMatrix(MV);
// Fí definició de càmera
//color cyan
TG=I ; //I=matriu identitat
modelMatrix(TG);
SolidCone (5,5,20,20); // radi, alçada, orientació Z+, base centrada en (0,0,0)
TG=Translate (0, -2, 0);
modelMatrix(TG);
SolidCube (4); // costat 4, centrat a l'origen
```

Digues quina de les imatges següents es veu:



- a) La primera imatge
- b) La segona imatge**
- c) La tercera imatge
- d) La quarta imatge

68. Una escena està formada per múltiples objectes i l'observador es mou per dins d'ella. L'òptica de la càmera pot ser perspectiva o ortogonal. Indica quina de les respostes següents és certa si es pinta l'escena amb el màxim realisme que sabem (mètodes empírics d'il·luminació i depth-buffer):

- a. En les dues òptiques, en càmera amb primera persona, cal modificar el zNear de l'òptica a mesura que avancem si volem veure només els objectes que tenim davant.
- b. Només cal modificar algun paràmetre de l'òptica si es fa un resize.**
- c. Si es fa un resize en l'òptica axonomètrica cal modificar zNear i window, mentre que en perspectiva només FOV.
- d. En càmera perspectiva modificant el zNear i el zFar podem fer un efecte de zoom.

69 (2014-2015P 2Q). Es vol veure l'escena de l'exercici 30 de la col·lecció de TG de manera que la vaca amb el Patricio mirin cap a l'observador, quedin centrats en el viewport, sense retallar i optimitzant l'espai que ocupen en el viewport. Indica TOTS els paràmetres d'una càmera perspectiva (posició+orientació i òptica) que ho faria possible. El viewport és de 600x400. Per facilitar els càlculs, en aquest exercici podeu considerar que les noves mides de les capsas de la vaca i del Patricio un cop ubicats com toca són:

Patricio: dimensió en X = 1; dimensió en Y = 1; dimensió en Z = 0.3.

Vaca: dimensió en X = 1; dimensió en Y = 2; dimensió en Z = 4.

70 (2014-2015P 2Q) Per a visualitzar l'escena de l'exercici 1, un estudiant proposa la següent càmera: OBS=(20,0,0), VRP=(-9,0,0), up=(0,0,1), ZN=15, ZF=40, FOV=90º i ra=1. Quan pinta l'escena no veu res en pantalla (malgrat que la rutina pintaEscena() és correcta). Quin paràmetre de la càmera creus que no és el correcte?

Considerem les mides de les capsas de la vaca i del Patricio, un cop ubicats, iguals que en l'exercici anterior.

- a) vector up
- b) ZN**
- c) ra
- d) VRP

71 (2014-2015P 2Q) Cal definir una càmera a OpenGL; quin dels següents pseudocodis és correcte? Noteu que tant sols canvia l'ordre en què es fan les crides.

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) VM=lookAt(OBS, VRP, up)<br>viewMatrix (VM)<br>PM=perspective (FOV, ra, zn,zf)<br>projectMatrix(PM)<br>glViewport(...)<br>modelMatrix(TG)<br>pintaescena() | 2) modelMatrix(TG)<br>PM=perspective (FOV, ra, zn,zf)<br>projectMatrix(PM)<br>VM=lookAt(OBS, VRP, up)<br>viewMatrix (VM)<br>glViewport(...)<br>pintaescena() |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3) VM=lookAt(OBS, VRP, up)<br>viewMatrix (VM)<br>PM=perspective (FOV, ra, zn,zf)<br>projectMatrix(PM)<br>modelMatrix(TG)<br>glViewport(...)<br>pintaescena() | 4) glViewport(...)<br>VM=lookAt(OBS, VRP, up)<br>viewMatrix (VM)<br>PM=perspective (FOV, ra, zn,zf)<br>projectMatrix(PM)<br>modelMatrix(TG)<br>pintaescena() |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- a) nom\_es 1) i 4) són correctes  
b) només 4) és correcte  
**c) tots són correctes**  
d) tots són correctes menys 2)

72. (2014-2015P 2Q) Tenim una piràmide de base quadrada de costat 5, amb la base centrada al punt (0,0,2.5) i alçada de la piràmide 5 amb l'eix en direcció Z+. A l'escena tenim també un cub de costat 5 centrat a l'origen. El viewport està definit amb glViewport (0,0,400,800). Si a la vista es veu la imatge que teniu al dibuix (caseta), quines inicialitzacions d'una càmera axonomètrica (posició+orientació i òptica) permetrien veure aquesta imatge? Tots els angles estan en graus.

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PM=perspective (90, 1, 5, 10);<br>projectMatrix (PM)<br>VM=translate (0,0,-10);<br>VM=VM*rotate (90,1,0,0);<br>VM=VM*translate (0,0,-2.5);<br>viewMatrix (VM);<br>pinta_escena ();                                                                                           | PM=ortho (-2.5, 2.5, -5, 5, 5, 10);<br>projectMatrixPM)<br>VM=translate (0,0,-7.5);<br>VM=VM*rotate (-90,0,0,1);<br>VM=VM*rotate (90,0,1,0);<br>VM=VM*translate (0,0,-2.5);<br>viewMatrix (VM);<br>pinta_escena (); |
| <b>PM=ortho (-2.5, 2.5, -5, 5, 5, 10);</b><br><b>projectMatrix (PM)</b><br><b>VM=translate (0,0,-7.5);</b><br><b>VM=VM*rotate (90,0,0,1);</b><br><b>VM=VM*rotate (90,0,1,0);</b><br><b>VM=VM*translate (0,0,-2.5);</b><br><b>viewMatrix (VM);</b><br><b>pinta_escena ();</b> | PM=ortho (-5, 5, -5, 5, 5, 10);<br>projecMatrix (PM)<br>VM=translate (0,0,-7.5);<br>VM=VM*rotate (90,0,0,1);<br>VM=VM*rotate (90,0,1,0);<br>VM=VM*translate (0,0,-2.5);<br>viewMatrix (VM);<br>pinta_escena ();     |

73. (2014-2015P 2Q) Es vol realitzar una vista en planta (visió des de dalt) d'una escena/objecte que està centrat a l'origen amb una capsa contenidora de mides 10x10x10. Quina de les següents definicions et sembla correcta per definir la posició + orientació de la càmera (per a calcular la viewMatrix)? Sabem que la càmera és perspectiva i els angles de les rotacions estan en graus.

- a) OBS = (0,10,0); VRP = (0,0,0); up = (0,1,0);  
VM = lookAt (OBS, VRP, up);  
viewMatrix(VM);  
b) OBS = (0,0,0); VRP = (0,10,0); up = (0,0,-1);  
VM = lookAt (OBS, VRP, up);  
viewMatrix(VM);  
c) VM = translate (0,0,-10);  
VM = VM \* rotate (90, 1,0,0);  
viewMatrix(VM);  
d) VM = translate (0,0,-10);

VM = VM \* rotate (-90, 0,1,0);  
viewMatrix(VM);

74. (2014-2015P 2Q) Una aplicació permet, prement la tecla 'o', permutar entre una càmera perspectiva i una axonomètrica, ambdues amb el mateix ZNear i ZFar. Totes dues càmeres veuen l'escena completa i sense deformacions. Un estudiant dubte de quina càmera és la que està activa en un cert moment, quin dels següents experiments li aconsellaries fer per a deduir-ho?
- a) Movent l'observador en la direcció del VRP, la perspectiva retallarà per culpa del ZNear i l'axonomètrica no.
  - b) Fent un resize de la finestra, la perspectiva deformarà i l'axonomètrica no.
  - c) **Movent l'observador en la direcció del VRP, la grandària de l'objecte no canviarà en l'axonomètrica, sí en la perspectiva.**
  - d) Girant la càmera en tercera persona (mitjançant angles d'Euler), l'axonomètrica retallarà i la perspectiva no.
75. (2014-2015 2Q) Volem simular una càmera (en primera persona) fixa en una moto de carreres per mostrar el que veu el pilot; el viewport sempre ocupa tota la pantalla. Indica quins són els paràmetres de la càmera que es poden mantenir fixes en tota la simulació (suposant que inicialment estaven correctament calculats):
- a) FOV, ra i up
  - b) Up, znear, zfar, FOV i ra
  - c) **znear, zfar, FOV i ra**
  - d) tots els paràmetres poden requerir esser calculats en cada nova visualització
76. (2014-2015 2Q) En el procés de visualització projectiu, si implementem un vèrtex i fragment shader, quina de les següents respostes indica l'ordre correcte en què s'executen certes accions quan s'envia a pintar un triangle?
- a) Pas a coordenades clipping, pas a coordenades de dispositiu, rasterització, z-buffer.
  - b) Pas a coordenades de dispositiu, retallat, rasterització, back-face culling.
  - c) Pas a coordenades de clipping, retallat, z-buffer, back-face culling.
  - d) Pas a coordenades observador, retallat, z-buffer, càlcul color per cada fragment.
77. (2015-2016P Q1) Tenim una escena amb un cub de costat 2 orientat amb els eixos i de manera que el seu vèrtex mínim està situat a l'origen de coordenades. La cara del cub que queda sobre el pla  $x=2$  és de color vermell, la cara que queda sobre el pla  $z=2$  és de color verd i la resta de cares són blaves.
- a) Indica TOTS els paràmetres d'una càmera axonomètrica que permeti veure a la vista un rectangle centrat amb la meitat esquerra de color verd i la meitat dreta de color vermell. La relació d'aspecte del viewport (vista) és 2.
  - b) Quin efecte tindria en la imatge final modificar l'òptica a perspectiva? Pots indicar-ho utilitzant un dibuix si vols.
78. (2015-2016P Q1) Ordena de forma correcta els processos del pipeline de visualització projectiu d'OpenGL, és a dir, en quin ordre afecten aquests processos a la primitiva que s'envia a pintar:
- a) 1) ProjectTransform; 2) ViewTransform; 3) ModelTransform; 4) Retallat;
  - b) **1) ModelTransform; 2) ViewTransform; 3) ProjectTransform; 4) Retallat;**
  - c) 1) ModelTransform; 2) ViewTransform; 3) Retallat; 4) ProjectTransform;

d) 1) ViewTransform; 2) ModelTransform; 3) ProjectTransform; 4) Retallat;

79. (2015-2016P Q1) Tenim una càmera axonomètrica definida amb els paràmetres: OBS = (5,0,0), VRP = (0,0,0), up = (0,1,0), Window = (-2,2,-2,2), Znear = 2, Zfar = 8. Indica quins paràmetres definirien el mateix volum de visió considerant que l'observador passa a estar en OBS = (0,5,0). La visió de la imatge final no té perquè ser la mateixa i la relació d'aspecte del viewport no és rellevant.

a) VRP = (0,1,0), up = (0,0,1), Window = (-3,3,-2,2), Znear = 2, Zfar = 8.

b) VRP = (0,0,0), up = (1,0,0), Window = (-2,2,-2,2), Znear = 2, Zfar = 8.

**c) VRP = (0,2,0), up = (0,0,1), Window = (-3,3,-2,2), Znear = 3, Zfar = 7.**

d) VRP = (0,0,0), up = (0,0,-1), Window = (-2,2,-2,2), Znear = 3, Zfar = 7.

80. (2015-2016P Q1) Volem ubicar un model en una posició concreta d'una escena que es visualitza amb una càmera correctament definida. Tal i com indica el codi següent, hem passat al vèrtex shader com uniforms les matrius següents: TG que permet ubicar el model, View Matrix (VM) i Project Matrix (PM). Completa la instrucció que permet calcular les coordenades d'un vèrtex de l'objecte respecte el sistema de coordenades de l'observador (SCO).

```
in vec3 vertex;
uniform mat4 TG, VM, PM;
void main(){
 vec4 vobs;
 vobs =
 ...
}
```

a) vobs = TG\*VM\*PM\*vec4(vertex,1.0);

**b) vobs = VM\*TG\*vec4(vertex,1.0);**

c) vobs = TG\*VM\*vec4(vertex,1.0);

d) vobs = VM\*vec4(vertex,1.0);

81. (2015-2016P Q1) Tenim una càmera en primera persona correctament definida en posicionament i en òptica. El viewport és de 500x500. Quina de les següents afirmacions és correcta respecte a la relació d'aspecte (ra)?

**a) S'ha de modificar ra sempre que és modifiqui el viewport sigui quin sigui el tipus de l'òptica.**

b) S'ha de modificar ra només si es modifica el viewport i l'òptica és perspectiva.

c) S'ha de modificar ra si es modifica la finestra gràfica encara que el viewport no es modifiqui.

d) En la càmera en primera persona mai s'ha de modificar la relació d'aspecte de la càmera.

82. (2015-2016P Q1) Tenim una escena en la que utilitzem el codi següent per ubicar la càmera. Quins serien els paràmetres OBS, VRP i up que permetrien definir la mateixa càmera? (no modifiquem l'òptica).

```
VM = Translació(0,0,-10);
```

```
VM = VM*Rotacio_z (90);
```

```
VM = VM*Rotacio_y (-90);
```

```
VM = VM*Translació (10,-10,0)
```

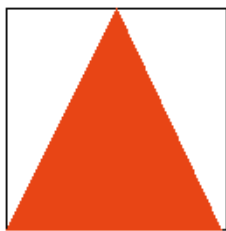
```
ViewMatrix (VM);
```

```
a) OBS = (0,10,0), VRP = (10,10,0), up = (0,0,1)
```

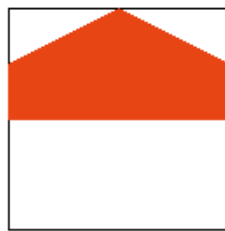


- b) OBS = (10,10,0), VRP = (0,10,0), up = (0,1,0)  
 c) OBS = (10,10,0), VRP = (-10,10,0), up = (0,0,1)  
**d) OBS = (0,10,0), VRP = (-10,10,0), up = (0,0,-1)**

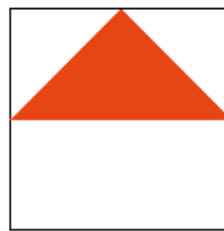
83. (2015-2016P Q1) Quina de les següents afirmacions és incorrecta?  
 a) Si tenim una càmera axonomètrica i reduïm el seu window (respectant la seva relació d'aspecte), estem fent un zoom-in.  
**b) Si incrementem el FOV de la càmera perspectiva, haurem d'incrementar la relació d'aspecte, per a què el window mantigui la seva proporció.**  
 c) L'algorisme de retallat (clipping) és el mateix sigui la càmera perspectiva o axonomètrica.  
 d) L'eix Y del sistema de coordenades de l'observador (SCO) sempre es projecta vertical (direcció Y) en el sistema de coordenades de dispositiu (SCD).
84. (2015-2016 Q1) Tenim una escena formada per un "terra" de dimensions 10x10 ubicat en el pla Y=0 i centrat en el (0,0,0), i un objecte amb caps contenidora de punt mínim (-2.5,0,-2.5) i punt màxim (2.5,10,2.5). Volem definir una càmera en tercera persona que mostri l'escena centrada en el viewport, quina de les següents afirmacions és correcta?  
 a) Es pot calcular la viewMatrix usant lookAt() amb el següent pseudocodi:  
     glm::vec3 OBS (0, 0, 20);  
     glm::vec3 VRP (0, 0, 0);  
     glm::vec3 up (0, 1, 0);  
     VM = lookAt (OBS, VRP, up);  
 b) No es pot definir el posicionament de la càmera si no sabem el tipus d'òptica.  
 c) Un possible càlcul de la viewMatrix (VM) seria amb el següent pseudocodi:  
     VM = Translate (0, 0, -20);  
     VM = VM \* Rotate (30, 1, 0, 0);  
     VM = VM \* Rotate (30, 0, 1, 0);  
**d) Cap de les altres respostes és correcta.**
85. (2015-2016P Q2) Tenim una escena amb un triangle vermell amb vèrtexs V1=(2,0,0), V2 = (2, 0, 0) i V3= (0, 1, 0). Suposant que tenim un viewport quadrat de 600x600 píxels, indica TOTS els paràmetres d'una càmera ortogonal (axonomètrica) que permeti veure a la vista un triangle de manera que els seus vèrtexs en coordenades de dispositiu siguin: V1= (0, 0), V2=(600,0) i V3=(300, 600). Justifica la resposta.
86. (2015-2016P Q2) Donada la descripció de l'escena de l'exercici anterior i havent inicialitzat les matrius de càmera (view) i projecció (proj) a la matriu identitat, indica quina de les següents imatges és la que sortirà en un viewport de 600x600 (sabem que el Vertex Shader i el Fragment Shader estan correctament implementats):



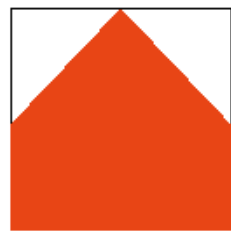
**a)**



**b)**



**c)**



**d)**

87. (2015-2016P Q2) Suposant que tenim la matriu de transformació de model (TG), la

matriu de canvi de punt de vista (view) i la matriu de projecció (proj), quina és la multiplicació correcta que transforma el vèrtex (vertex) a coordenades de clipping?

- a)  $\text{proj} * \text{TG} * \text{view} * \text{vertex}$ .
- b)  $\text{vertex} * \text{proj} * \text{view} * \text{TG}$ .
- c)  $\text{vertex} * \text{TG} * \text{view} * \text{proj}$ .
- d)  $\text{proj} * \text{view} * \text{TG} * \text{vertex}$ .**

88. (2015-2016P Q2) Un estudiant defineix la seva càmera amb OBS, VRP i up. L'estudiant defineix d com la distància entre OBS i VRP i v com el vector normalitzat que va d'OBS a VRP, és a dir ha definit:  $\text{VRP} = \text{OBS} + d * v$ . En un cert moment, l'estudiant incrementa d i actualitza la view matrix però no la projection matrix, quin efecte tindrà en la visualització de l'escena?

- a) Si no actualitza l'òptica, retallarà l'escena per Znear.
- b) Veurà l'escena més petita, el punt d'enfoc està més lluny.
- c) Veurà exactament el mateix.**
- d) Afectarà en la deformació perspectiva que observarà.

89. (2015-2016P Q2) Imaginem que tenim la escena formada per:

- Un prisma recte de base quadrada de costat 2 i alçada 5, situat amb el centre de la seva base al punt (0,0,0).
- Un Patricio d'alçada 2 situat al damunt de l'objecte anterior, és a dir, la base de la capsula del Patricio està sobre la cara superior del paral·lelepípede i mirant cap a les X+.

Volem pintar l'escena de manera que es vegi en 3a persona, sencera i centrada al viewport. Quina d'aquestes inicialitzacions dels paràmetres de càmera seria correcta?

- a)  $\text{VRP} = (0, 3.5, 0)$ ,  $\text{OBS} = \text{VRP} + 2 * \text{radi esfera} * v$ , amb  $v = (0, 1, 0)$ ,  $\text{up} = (0, 1, 0)$ .
- b)  $\text{VRP} = ((\text{Patxmin} + \text{Patxmax})/2, (\text{Patymin} + \text{Patymax})/2, (\text{Patzmin} + \text{Patzmax})/2)$ ,  
 $\text{OBS} = (\text{VRP.x} + 10, \text{VRP.y}, \text{VRP.z})$ ,  $\text{up} = (0, 1, 0)$ .
- c)  $\text{VRP} = (1, 3.5, 0)$ ,  $\text{OBS} = (15, 3.5, 0)$ ,  $\text{up} = (0, 1, 0)$ .**
- d)  $\text{VRP} = ((\text{Patxmin} + \text{Patxmax})/2, \text{Patymin}, (\text{Patzmin} + \text{Patzmax})/2)$ ,  
 $\text{OBS} = (\text{VRP.x}, \text{VRP.y}, \text{VRP.z} + 10)$ ,  $\text{up} = (0, 1, 0)$ .

90. (2015-2016P Q2) Tenim una escena en la que utilitzem una càmera amb  $\text{OBS} = (-5, 0, 3)$ ,  $\text{VRP} = (5, 0, 3)$  i  $\text{up} = (0, 0, 1)$ . Quin conjunt de transformacions geomètriques permetrien definir la mateixa càmera, és a dir, generar la mateixa viewMatrix? (no modifiquem l'òptica).

- a)  $\text{VM} = \text{Translació}(0, 0, -10)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_z(90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_y(-90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Translació}(-5, 0, -3)$ ;  
 $\text{ViewMatrix}(\text{VM})$ ;
- b)  $\text{VM} = \text{Translació}(0, 0, -10)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_z(90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_y(90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Translació}(-5, 0, -3)$ ;  
 $\text{ViewMatrix}(\text{VM})$ ;**
- c)  $\text{VM} = \text{Translació}(-5, 0, -3)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_y(90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_z(90)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Translació}(0, 0, -10)$ ;  
 $\text{ViewMatrix}(\text{VM})$ ;
- d)  $\text{VM} = \text{Translació}(-5, 0, -3)$ ;  
 $\text{VM} = \text{VM} * \text{Rotació}_y(-90)$ ;

```
VM = VM*Rotacio_z (90);
VM = VM*Translació(0,0,-10);
ViewMatrix (VM);
```

91. Respecte a la inspecció d'una escena amb càmera en primera i en tercera persona (tal i com s'han definit en l'assignatura), indica quina de les següents afirmacions és correcta:

- a) Sempre han de ser amb òptica perspectiva, mai axonomètrica/ortogonal.
- b) En la càmera en tercera persona, els paràmetres de l'òptica depenen dels de posició.**
- c) En ambdues càmeres, l'angle d'obertura és funció de la ra (relació d'aspecte) del viewport.
- d) La View Matrix (view) en una càmera en 1a persona només es pot especificar mitjançant lookAt i en la de 3a persona mitjançant les transformacions geomètriques basades en els angles d'Euler.

## Solucions

4. El VRP el situarem al centre de la zona per a que aquesta quedi centrada en el viewport: **VRP** = **P**. Per a veure la zona més acuradament, situem la direcció de visió perpendicular a ella:  
**OBS**:= **VRP**+ $d \cdot \mathbf{n}$ ; podem posar una  $d=8$  que estarà fora de la zona a inspeccionar (de gruix 2mm). Com a **VUV** podem agafar un vector que tingui la direcció d'una de les 4 fronteres de la zona. Aquella que volgum que surti vertical en pantalla. De fet serveix qualsevol vector que indiqui una direcció diferent a  $\mathbf{n}$ .

Suposant una càmera perspectiva:

$Z_{prop} = d - 1$ ;  $Z_{lluny} = d + 1$ ; per a no tallar la zona i que el frustum estigui ajustat a ella.

Relació d'aspecte:  $ar = ar_v$  per a no tenir deformació ( $ar_v$  és la relació d'aspecte de la vista)

Si volem veure vertical el costat de 4mm, requeriríem una window amb relació d'aspecte

$ar = 7./4.$  i un angle mínim d'obertura de la càmera de valor  $\alpha = \arctg(2./d)$  ( $FOV = 2 \cdot \alpha$ ).

Com que la relació d'aspecte  $ar$  ha de ser la de la vista, hem de modificar, si s'escau,  $\alpha$ , per a poder continuar veient tota la zona – sense deformació–,

Si  $ar > ar_z$  llavors  $\alpha := \arctg(2./d)$ ;

sino  $altura := 7./(2 \cdot ar)$ ;  $\alpha := \arctg(altura/d)$ ;

fisi

12. Usarem una càmera axonomètrica situada en la recta que passa pel punt central de la cara\_i en direcció de la normal de la cara. La definició del window (paràmetres de la càmera axonomètrica) haurà de permetre que la cara quedi dins del window. Si es vol veure la cara en verdadera magnitud no pot haver deformació, per tant la relació d'aspecte ha de ser la mateixa que la del viewport, és a dir 1.

Podem definir una càmera amb els paràmetres següents:

$$OBS = C + dist \cdot N,$$

on  $C$  és el centre de la cara\_i que es pot calcular com el punt mig de la seva diagonal i  $N$  és el vector normal a la cara\_i.

$$VRP = C,$$

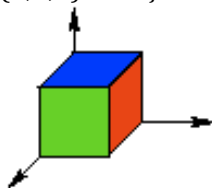
$VUV$  (vector up) = qualsevol vector contingut en el pla de la cara\_i (per exemple en la direcció d'una aresta de la cara),

$$Left = -1/2, Right = 1/2, Bottom = -1/2, Top = 1/2$$

$$0 < Z_{near} < dist, Z_{far} > dist \text{ (perquè només cal que garantim que es vegi la cara).}$$

77.

- a) El cub descrit és com es veu a la imatge. Així doncs, l'única manera de veure les dues cares vermella i verda al viewport és mirant-les des d'una direcció paral·lela al vector (1,0,1) i a alçada 1 per a què les cares quedin centrades.



Llavors, posem el VRP per exemple a  $VRP=(2,1,2)$  que és el centre de l'aresta que uneix aquestes dues cares, i la càmera la posem per exemple a  $OBS=(3,1,3)$  (podria ser qualsevol punt  $(x,1,x)$  on  $x \geq 2$ ). Com que a la imatge final hem de veure la meitat esquerra del triangle de color verd i la meitat dreta de color vermell, això vol dir que la vertical de la càmera ha de ser la mateixa que la de l'escena, i per tant  $up=(0,1,0)$ .

Els paràmetres d'una òptica axonomètrica són el window (left, right, bottom, top), el  $Z_{near}$  i el  $Z_{far}$ . El window, com que l'alçada de les cares que volem veure és de 2 unitats i la relació d'aspecte del viewport és de 2, podria ser left=-2, right=2, bottom=-1, top=1. El  $Z_{near}$  ha d'estar per davant del cub, així que com que la distància de l'observador a l'aresta més propera és d'arrel(2), podem posar un  $Z_{near}=1$ , per exemple, i el  $Z_{far}$  el podem posar darrera del tot del cub i per tant hauria de ser més

gran que  $3 \cdot \arrel(2)$ , per exemple  $Z_{far}=5$ .

- b) Amb una càmera perspectiva, ben definida per a què es vegi el mateix window, el que observarem és que les arestes que estan més lluny de l'observador es veuen més petites, i per tant, les arestes de la vora del que es veu del cub es veuran més petites que l'aresta que es veu al centre. L'efecte seria el mostrat a la figura.

