

Computer Graphics (in2770)
27 juni 2006, 14.00 - 16.00 uur.

N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 12

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

- Vul het antwoordformulier bij voorkeur in met **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**). Met **potlood** invullen mag ook, maar niet te licht (gummen mag).
 - Vergeet niet je **naam**, **studierichting** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer zowel in cijfers als ook met streepjes** in (controleer goed).
-

Opgave 1

Bij ray tracing worden vanuit een snijpunt met een object een aantal secundaire stralen gestuurd. Van welke secundaire straal (stralen) wordt de richting niet bepaald door de richting van de straal vanuit het oogpunt?

- a. refracted ray
- b. reflected ray en refracted ray
- c. refracted ray en shadow ray
- d. shadow ray

Opgave 2

Het 3D Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme gebruikt 6-bits codes voor de eindpunten van een lijnstuk en als clip volgorde: links, rechts, onder, boven, voor, achter. Punten binnen het window hebben code 000000.

Welke van de onderstaande 6-bits codes is geen correcte code voor een eindpunt van een te clippen lijnstuk?

- a. 010101
- b. 011000
- c. 001100
- d. 100110

Opgave 3

Waarvoor zijn PositionInterpolator knopen in VRML nodig?

- a. om hierarchische modellering van de scene mogelijk te maken
- b. om plaatsing van oppervlakte lichtbronnen mogelijk te maken
- c. om navigatie door een virtuele wereld mogelijk te maken
- d. om key frame animatie mogelijk te maken

Opgave 4

Een y-richting shearing transformatie t.o.v. de lijn $x=0$ beeldt het punt $P(3, 4)$ af op $P'(3, 16)$. Wat is de shear parameter?

- a. 2
- b. 4
- c. 8
- d. 12

Opgave 5

De waarde van een rotation veld van een knoop in VRML specificeert een rotatie. Een rotatie wordt in VRML opgegeven door middel van

- a. 1 hoek en een as-aanduiding (X-as, Y-as of Z-as)
- b. 2 hoeken
- c. 3 hoeken
- d. een 3D vector en een hoek

Opgave 6

Met de 3D viewing pipeline bedoelt men

- a. het volume waarin dat deel van het model ligt dat op het scherm word afgebeeld.
- b. de serie bewerkingen die de driedimensionale modelbeschrijving naar een plaatje op het scherm transformeren.
- c. de interacties met de gebruiker om de viewing parameters vast te stellen.
- d. het volgen van stralen en het berekenen van kleuren bij ray tracing.

Opgave 7

Onder welke voorwaarde wordt door back face removal het probleem van het bepalen van de zichtbare (delen van) oppervlakken altijd volledig opgelost?

- a. als de scene uitsluitend uit convexe objecten bestaat
- b. als alle polygons waaruit de scene is opgebouwd driehoeken zijn
- c. als alle polygons waaruit de scene is opgebouwd convex zijn
- d. als de scene uit slechts één convex object bestaat

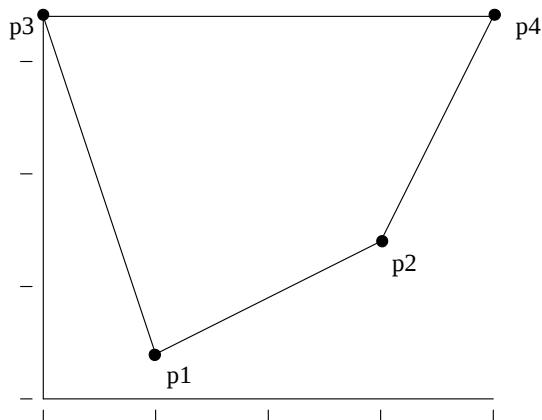
Opgave 8

We beschouwen het licht dat rechtstreeks vanaf een lichtbron op een punt op een objectoppervlak valt. Een deel van dit licht wordt spiegelend gereflecteerd naar het oogpunt. Welke van de volgende factoren is niet van invloed op de hoeveelheid spiegelend gereflecteerd licht?

- a. de gladheid van het oppervlak
- b. de ambient factor
- c. de oriëntatie van het oppervlak
- d. de vector in de richting van de lichtbron

Opgave 9

Een textuur wordt met een *perspective mapping* afgebeeld op onderstaand polygon. Punt (0, 0) in de textuur worden gemapt op $p1 = (50, 20)$, punt (1, 0) op $p2 = (150, 70)$, punt (0, 1) op $p3 = (0, 170)$ en punt (1, 1) op $p4 = (200, 170)$.



Wat is de juiste matrix voor deze perspective mapping?

a.
$$\begin{pmatrix} 100 & -50 & 50 \\ 50 & 43.75 & 20 \\ 0.5 & -0.625 & 1 \end{pmatrix}$$

c.
$$\begin{pmatrix} 100 & -50 & 50 \\ 50 & 150 & 20 \\ 0.5 & -0.625 & 1 \end{pmatrix}$$

b.
$$\begin{pmatrix} 175 & -50 & 50 \\ 85 & 43.75 & 20 \\ 0.5 & -0.625 & 1 \end{pmatrix}$$

d.
$$\begin{pmatrix} 175 & -50 & 50 \\ 85 & 150 & 20 \\ 0.5 & -0.625 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 10

We willen ten opzichte van een 3D coördinatenstelsel de 4 x 4 homogene coördinatenmatrix van een rotatie over een hoek θ om de lijn door de oorsprong met richtingsvector (3, 1, -1) bepalen. We kunnen deze rotatie opbouwen uit de volgende combinatie van elementaire transformaties (rotaties om de assen van het coördinatenstelsel):

$$R_x(-\alpha) \cdot R_y(-\beta) \cdot R_z(\theta) \cdot R_y(\beta) \cdot R_x(\alpha)$$

Over welke hoek α moet geroteerd worden om de x-as?

- a. 45°
- b. 60°
- c. 90°
- d. 135°

Opgave 11

Een window met windowgrenzen (xwmin, xwmax, ywmin, ywmax) = (2, 6, -1, 2) in wereldcoördinaten wordt afgebeeld op een viewport met viewportgrenzen (xvmin, xvmax, yvmin, yvmax) = (0, 800, 100, 1000) in schermcoördinaten. Het lijnstuk AB met A = (4, 0) en B = (6, 1) wordt afgebeeld op het lijnstuk A'B' in het viewport.

Hoe lang (in eenheden van het schermcoördinatenstelsel) is het lijnstuk A'B' ?

- a. $100\sqrt{13} \approx 361$
- b. 500
- c. $200\sqrt{10} \approx 632$
- d. $200\sqrt{13} \approx 721$

Opgave 12

Een lijnstuk AB met A = (100, 700) en B = (400, 100) wordt afgebeeld met het DDA scan conversie algoritme. Er wordt gestart in punt A. Wat is de increment in de x-richting die in het algoritme wordt gebruikt?

- a. -1
- b. -0.5
- c. 0.5
- d. 1

Opgave 13

Gegeven is de volgende programmacode met OpenGL function calls

```
glBegin (polygonMode);  
... /* 24 punten */  
glEnd ();
```

Met welke polygonMode genereert bovenstaande code het grootste aantal polygons?

- a. GL_POLYGON
- b. GL_TRIANGLES
- c. GL_TRIANGLE_STRIP
- d. GL_QUAD_STRIP

Opgave 14



In een VRML virtuele wereld (linker afbeelding) heeft de volgende interactie plaatsgevonden. De muiscursor is op de voet van de lamp geplaatst, de linkermuisknop is ingedrukt en de muis is verplaatst. De lamp is hierdoor verplaatst (afbeelding rechts).

Wat voor soort VRML sensor(en) is/zijn gebruikt om deze interactie mogelijk te maken?

- a. alleen een plane sensor
- b. alleen een touch sensor
- c. alleen een cylinder sensor
- d. een touch sensor en een cylinder sensor

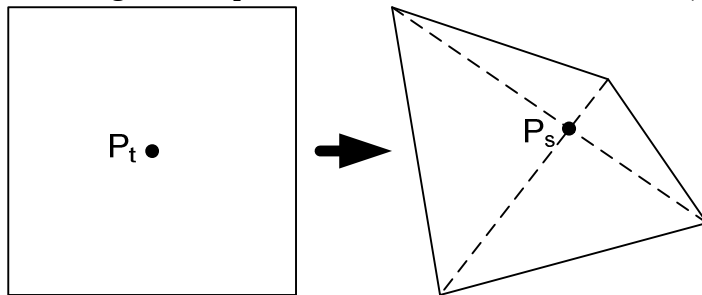
Opgave 15

Welke methode / welk algoritme moet eerst worden toegepast opdat met het painters algoritme een correcte afbeelding van een 3D scene bestaande uit polygons kan worden gemaakt?

- a. back face removal
- b. z-buffering
- c. scan conversie van de polygons
- d. diepte sortering van de polygons

Opgave 16

Een vierkante textuur (met coördinaten tussen 0 en 1 in u en v richting in de textuur ruimte) wordt afgebeeld op een vierhoek in de schermruimte (zie afbeelding).



Bij welk type mapping wordt het middelpunt $P_t = (0.5, 0.5)$ van de textuur gemapt op het snijpunt P_s van de diagonalen van de vierhoek in de schermruimte?

- | | <u>perspective mapping</u> | <u>bi-lineaire mapping</u> |
|----|----------------------------|----------------------------|
| a. | wel | wel |
| b. | wel | niet |
| c. | niet | wel |
| d. | niet | niet |

Opgave 17

2D transformaties kunnen worden uitgevoerd door een matrix-vector vermenigvuldiging

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}.$$

Welke 2D transformatie kan niet door een 2×2 matrix M worden gerepresenteerd?

- a. een translatie
- b. een rotatie
- c. een schaling
- d. een shearing

Opgave 18

De matrix $\begin{pmatrix} (1-m^2)/w & 2m/w & 0 \\ 2m/w & (m^2-1)/w & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert de 2D spiegeling in de lijn $y = mx$.

Wat is de waarde van w ?

- a. 1
- b. 2
- c. $m + 1$
- d. $m^2 + 1$

Opgave 19

De onderstaande matrix M representeert een viewing transformatie, d.w.z. een transformatie die punten uit een orthonormaal wereldcoördinatenstelsel afbeeldt op punten in een orthonormaal viewingcoördinatenstelsel.

$$M = \begin{pmatrix} a & b & c & 0 \\ d & e & f & 0 \\ g & h & i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Beschouw de beweringen:

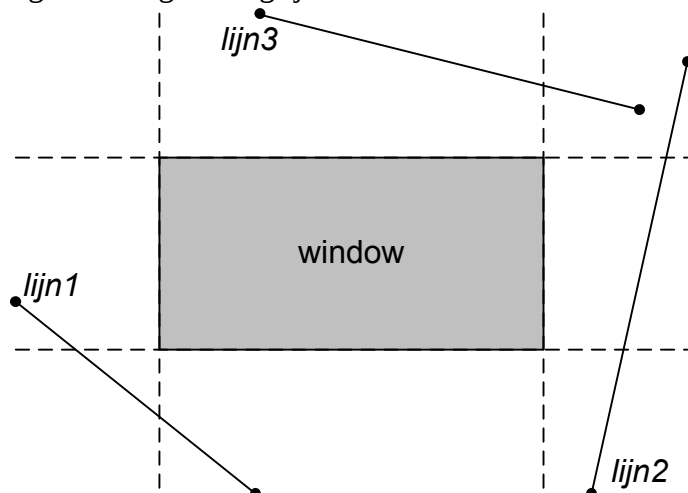
(I) De lengte van $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} d \\ e \\ f \end{pmatrix}$ is altijd 1 en (II) $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} d \\ e \\ f \end{pmatrix} = 0$ geldt altijd

waarin $\bullet$ staat voor inwendig product (dot product) en $\times$ voor uitwendig product (cross product). Welke van de beweringen (I) en (II) zijn juist?

- | (I) | (II) |
|------------|---------|
| a. juist | juist |
| b. juist | onjuist |
| c. onjuist | juist |
| d. onjuist | onjuist |

Opgave 20

De lijnen in de onderstaande figuur worden geclipt met het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme tegen het grijze window.

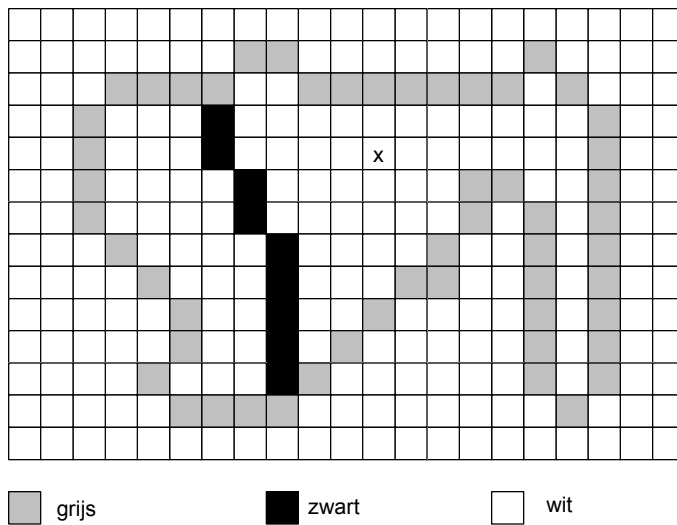


Bij hoeveel van deze lijnen hoeft tijdens het clipping proces geen enkel snijpunt te worden berekend met horizontale of verticale windowgrenzen?

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 3

Opgave 21

In een frame buffer staan de kleuren zoals in de onderstaande afbeelding.



Het gebied dat wordt begrensd door de grijze pixels moet geheel met de kleur grijs worden ingekleurd. Het pixel met x wordt geselecteerd als startpixel. Met welk fill algoritme kan het gehele binnengebied in een keer correct worden ingekleurd?

- a. 4-connected boundary fill algoritme
- b. 4-connected flood fill algoritme
- c. 8-connected boundary fill algoritme
- d. 8-connected flood fill algoritme

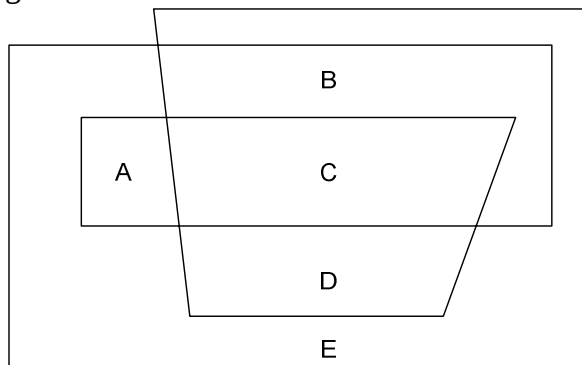
Opgave 22

Welke pseudocode geeft het beste de structuur weer van het z-buffer hidden surface removal algoritme?

- a. voor ieder pixel van het scherm
 voor ieder sample langs de straal door dat pixel
 verwerk sample in de buffers
- b. voor ieder pixel van het scherm
 voor ieder polygon waarvoor het pixel binnen de projectie valt
 verwerk polygonkleur en polygondiepte in buffers
- c. voor ieder polygon
 voor ieder pixel binnen het geprojecteerde polygon
 verwerk polygonkleur en polygondiepte in buffers
- d. voor iedere diepte (van ver weg tot dichtbij)
 voor ieder polygon waarvoor deze diepte in zijn diepte-interval ligt
 verwerk polygonkleur in buffer

Opgave 23

Om te bepalen of een punt binnen of buiten een polygon ligt kan de “odd even” regel worden gebruikt.



Hoeveel van de gebieden A, B, C, D en E in bovenstaande afbeelding van een polygon met elkaar snijdende zijden liggen volgens de “odd even” regel binnen het polygon?

- 2
- 3
- 4
- 5

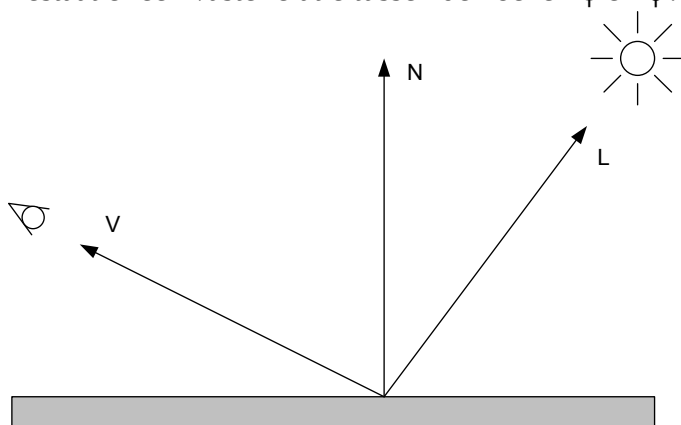
Opgave 24

Een eenvoudig lichtreflectiemodel maakt gebruik van de vectoren L (naar de lichtbron), V (naar de waarnemer) en N (normaalvector op het oppervlak). Bij de berekening van de spiegelende reflectie component in dit lichtmodel kan gebruik gemaakt worden van

- de vector R in de richting van perfecte spiegelende reflectie van licht van de lichtbron of
- de vector H, die de hoek tussen L en V middendoor deelt.

Laat ϕ de hoek tussen V en R. Laat ψ de hoek tussen N en H.

Bestaat er een vaste relatie tussen de hoeken ϕ en ψ ? En zo ja, wat is dan die relatie?



- $\phi = \psi$
- $\phi = 2\psi$
- $\phi = \frac{1}{2}\psi$
- er is geen vaste relatie tussen ϕ en ψ

Opgave 25

In OpenGL wordt de kleur waarmee getekend wordt gedefinieerd door middel van `glColor`. Een versie van deze functie is `glColor4f`. Wat is de betekenis van het 4^e argument in een aanroep van deze functie?

- a. Dit argument definieert de **Black** component van de kleur, d.w.z. de hoeveelheid zwart die aan de kleur wordt toegevoegd om deze donkerder te maken.
- b. Dit argument definieert de **Transparency** voor kleur blending bij overlappende objecten.
- c. Dit argument definieert de **Intensity** van de kleur.
- d. Dit argument definieert de **Saturation** (verzadiging) van de kleur.

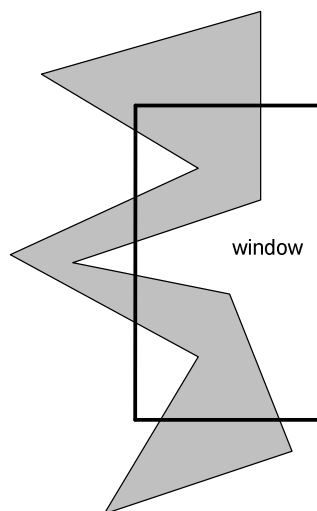
Opgave 26

Welk vlak staat loodrecht op het vlak waarin de punten A(1, 1, 2), B(2, 5, 3) en C(-1, 4, 5) liggen?

- a. $x + y + 4z + 3 = 0$
- b. $x + 4y + z + 3 = 0$
- c. $4x + y + z = 0$
- d. $4x + y + 4z = 0$

Opgave 27

Beschouw de onderstaande figuur. Het grijze polygon wordt geclipt met het Sutherland Hodgman polygon clipping algoritme tegen het rechthoekige window. De clipping volgorde is links, rechts, onder, boven.



Uit hoeveel hoekpunten bestaat het polygon na clippen tegen de linker windowgrens?

- a. 11
- b. 12
- c. 13
- d. 14

Opgave 28

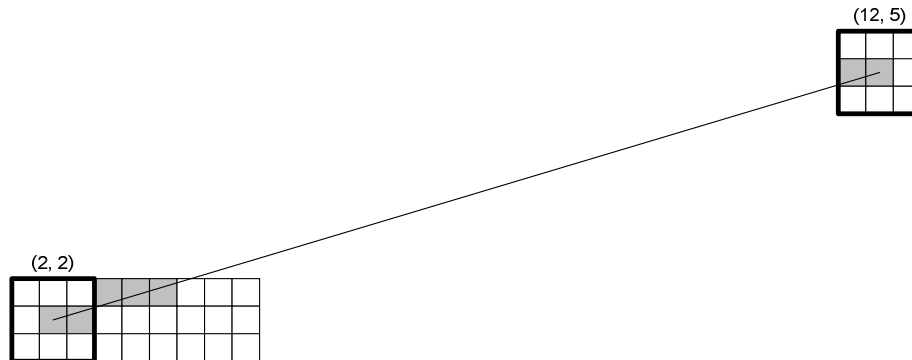
Een lijnstuk van pixel (2, 2) tot pixel (12, 5) wordt op een beeldscherm afgebeeld. Anti-aliasing geschiedt door middel van supersampling. De lijn wordt gescanconverteerd met het DDA algoritme op een resolutie die in horizontale en verticale richting 3 maal zo groot is als de schermresolutie. De kleur van een pixel wordt bepaald uit de kleuren van de subpixels.

Een pixel kan de volgende kleuren krijgen:

kleur 0 (achtergrondkleur; geen enkel subpixel van het pixel ligt op de lijn)

voor $i = 1, 2, 3$: kleur i (i subpixels van het pixel liggen op de lijn)

Pixel (2, 2) en pixel (12, 5) krijgen kleur 2; pixel (3, 2) krijgt kleur 3 zoals de figuur laat zien.



Wat is de kleur van pixel (6, 3)?

- a. kleur 0
- b. kleur 1
- c. kleur 2
- d. kleur 3

Opgave 29

Beschouw de volgende uitspraken over projecties:

- (I) In een orthografische projectie wordt een lijn, die in het model loodrecht op het projectievlak staat, altijd afgebeeld op één punt.
- (II) In een scheve parallelprojectie wordt een lijn, die in het model loodrecht op het projectievlak staat, altijd afgebeeld op één punt.

Van deze uitspraken is:

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | juist | juist |
| b. | juist | onjuist |
| c. | onjuist | juist |
| d. | onjuist | onjuist |

Opgave 30

Gegeven is het volgende programmafragment met OpenGL functie aanroepen:

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();

glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex2f(0.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 0.0);
glEnd(GL_TRIANGLES);

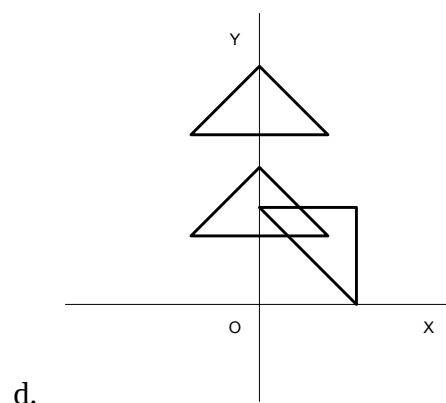
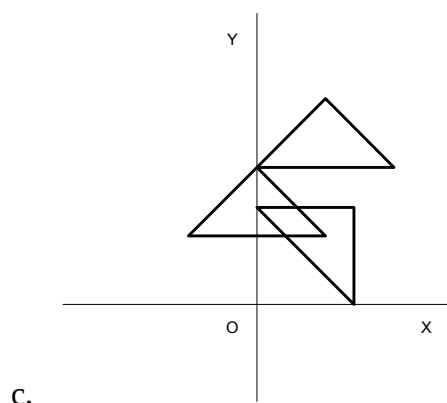
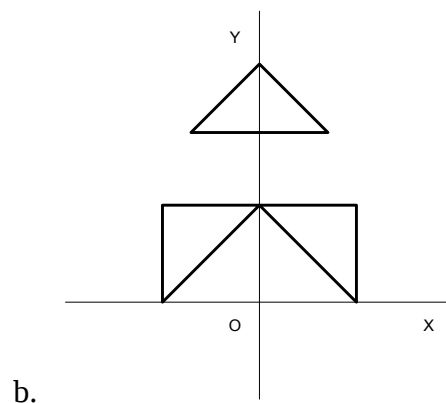
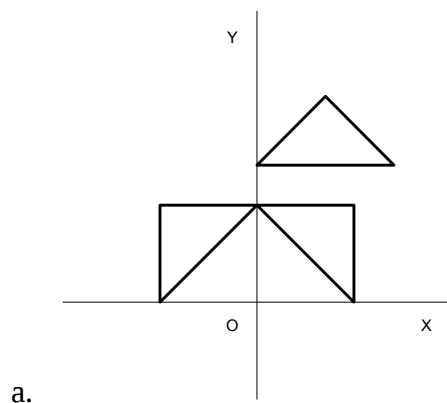
glRotatef(45.0, 0.0, 0.0, 1.0);
glPushMatrix();
glTranslatef(1.0, 0.0);

glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex2f(0.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 0.0);
glEnd(GL_TRIANGLES);

glPopMatrix();
glRotatef(45.0, 0.0, 0.0, 1.0);

glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex2f(0.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 1.0);    glVertex2f(1.0, 0.0);
glEnd(GL_TRIANGLES);
```

Welke figuur toont de correcte grafische uitvoer?



einde tentamenopgaven