

Computer Graphics (in2770)
18 augustus 2005, 14.00 - 16.00 uur.

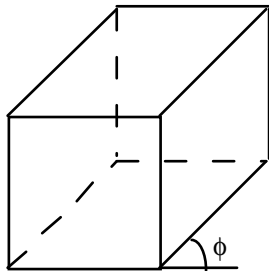
N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 12

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

Een cavalier projectie is een parallelprojectie waarbij de projectierichting een hoek van 45° met het projectievlak maakt. In onderstaande figuur zien we zo'n cavalier projectie van een kubus. De lijnen loodrecht op het projectievlak zijn onder een hoek van $\phi = 45^\circ$ afgebeeld.



cavalier projectie van kubus Wat is de transformatiematrix van deze projectie?

a.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 1 & \frac{1}{2}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1}{4}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 1 & \frac{1}{4}\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

c.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

d.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 2

De matrix $\begin{pmatrix} 0 & 1 & p \\ -1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert een rotatie om punt (a, b).

Welke vergelijkingen gelden er voor p en q ?

- a. $p = a$ $q = b$
- b. $p = -a + b$ $q = a - b$
- c. $p = a + b$ $q = a - b$
- d. $p = a - b$ $q = a + b$

Opgave 3

Bij scan conversie van lijnen met het DDA algoritme worden schuine lijnen met een lagere intensiteit per lengte-eenheid weergegeven dan horizontale of verticale lijnen. Welke formule geeft de intensiteit per lengte-eenheid I correct weer? (I_0 is de intensiteit per lengte-eenheid van een horizontale lijn en g is de richtingscoëfficiënt van de lijn, $0 \leq g \leq 1$)

- a. $I = I_0(1 - g \frac{1}{2} \sqrt{2})$
- b. $I = I_0 \sqrt{g(g - \frac{1}{2})}$
- c. $I = \frac{I_0}{\sqrt{1 + g^2}}$
- d. $I = \sqrt{I_0^2 - 2g}$

Opgave 4

Een animatie van een bewegend object A wordt gemaakt door inbetweening tussen n key frames. De positie van A wordt tussen de key frames bepaald door *lineaire interpolatie*.

Welke van de onderstaande uitspraken is juist?

- a. A beweegt door alle key frames in één rechte lijn met constante snelheid.
- b. A beweegt door alle key frames in één rechte lijn, met een snelheid die kan veranderen wanneer een key frame wordt gepasseerd.
- c. A beweegt tussen twee opeenvolgende key frames in een rechte lijn met een snelheid die niet constant hoeft te zijn.
- d. A beweegt tussen twee opeenvolgende key frames in een rechte lijn met constante snelheid, maar de snelheid en bewegingsrichting kan veranderen wanneer een key frame wordt gepasseerd.

Opgave 5

Met het Bresenham Algoritme kan in tegenstelling tot het DDA-algoritme:

- a. een lijn met grote nauwkeurigheid afgebeeld worden.
- b. een lijn 'anti-aliased' afgebeeld worden omdat de afstand van de lijn tot het midden van het pixel berekend wordt.
- c. een lijn snel afgebeeld worden omdat alleen van integer berekeningen gebruik wordt gemaakt.
- d. alle bovenstaande mogelijkheden zijn juist.

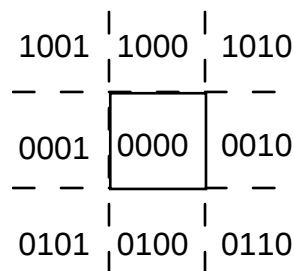
Opgave 6

Bij smooth shading met de methode van Phong

- a. wordt het lichtmodel alleen op de hoekpunten van de polygons toegepast, en worden de kleuren vervolgens over de polygons geïnterpoleerd.
- b. wordt het lichtmodel alleen voor de snijpunten van de scan lines en de zijden van de polygons toegepast, en worden de kleuren vervolgens over de scan lines geïnterpoleerd.
- c. wordt het lichtmodel slechts voor één punt op ieder polygon toegepast, en worden de kleuren vervolgens tussen de polygons geïnterpoleerd.
- d. wordt het lichtmodel voor ieder pixel binnen de polygons toegepast.

Opgave 7

Voor het clippen van lijnen wordt het regio coderings schema van Cohen en Sutherland gebruikt (zie figuur). Aan welke voorwaarde moeten de regiocodes van de eindpunten voldoen om zeker te zijn dat de lijn geheel buiten het window ligt?



- a. De **exclusieve of** operatie op de codes van beide eindpunten levert 1111 op.
- b. De **logische of** operatie op de codes van de beide eindpunten levert de waarde 1111 op.
- c. De **exclusieve of** operatie op de codes van beide eindpunten levert 0000 op.
- d. De **logische en** operatie op de codes van de beide eindpunten levert een waarde ongelijk aan 0000 op.

Opgave 8

$A = (0, 0)$, $B = (0, 1)$, $C = (1, 1)$ en $D = (1, 0)$ zijn vier punten in texture space. De vierhoek ABCD in texture space wordt gemapt op een willekeurige convexe vierhoek in screen space. Welke van de onderstaande drie soorten mappings beelden de lijnen AC en BD in texture space altijd allebei af op een rechte lijn in screen space?

- (i) perspectivische mapping
 - (ii) bilineaire mapping
 - (iii) lineaire interpolatie over zijden gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines
- a. geen van de drie mappings
 - b. alleen (i)
 - c. alleen (i) en (ii)
 - d. (i), (ii) en (iii)

Opgave 9

Back-face removal bij gesloten polygon objecten (polyhedra) wordt toegepast om

- a. alle vlakken die in de afbeelding volledig te zien zijn te behouden.
- b. alle vlakken die in de afbeelding volledig onzichtbaar zijn te verwijderen.
- c. alle vlakken waarvan de naar buiten gerichte normaal een hoek kleiner dan 90 graden maakt met de kijkrichting te verwijderen.
- d. alle vlakken die geheel achter een ander vlak liggen te verwijderen.

Opgave 10

Welke OpenGL functies leggen de parameters vast van de window to viewport transformatie?

- a. glViewport
- b. glOrtho
- c. glViewport en glOrtho
- d. glViewport, glOrtho en glutDisplayFunc

Opgave 11

Wat is scan conversie?

- a. het omzetten van een pixelkleur (gegeven als een 24 bits code) naar een aansturing van de R-, G- en B-elektronenkanonnen van een kleurenbeeldscherm
- b. het omzetten van grafische primitieven van vectorformaat naar rasterformaat
- c. het afwisselend afbeelden van de even en de oneven beeldlijnen op een beeldscherm
- d. het omzetten van een rasterafbeelding naar een lagere resolutie door het bepalen van gewogen gemiddelden van de pixelkleuren van naburige pixels

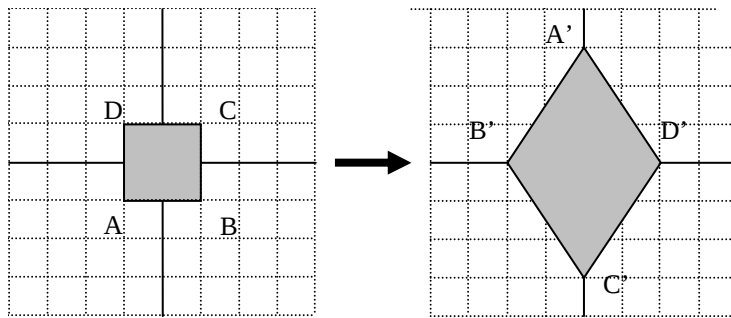
Opgave 12

Welke transformatie realiseert een overgang van een rechtshandig coördinatenstelsel naar een linkshandig coördinatenstelsel?

- a. een rotatie over een negatieve hoek om de z-as
- b. een rotatie over een negatieve hoek om de x-as
- c. een shearing met een negatieve shear factor in de z-richting
- d. een schaling met een negatieve schalingsfactor in de z-richting

Opgave 13

Een transformatie is opgebouwd uit een rotatie R_α over een hoek α om de oorsprong gevolgd door een schaling $S_{sx,sy}$ met schalingsfactoren s_x en s_y . Vierkant ABCD uit onderstaande figuur wordt door deze transformatie afgebeeld op $A'B'C'D'$.



Wat zijn de schalingsfactoren s_x en s_y ?

- a. $s_x = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ en $s_y = \frac{3}{4}\sqrt{2}$
- b. $s_x = \sqrt{2}$ en $s_y = \frac{3}{2}\sqrt{2}$
- c. $s_x = 2\sqrt{2}$ en $s_y = 3\sqrt{2}$
- d. $s_x = 2$ en $s_y = 3$

Opgave 14

In afbeeldingen op een computer beeldscherm kunnen aliasing effecten optreden. Twee van deze effecten zijn:

- (I) trappetjes (jaggies) op de randen van polygons
- (II) incorrecte (moiré) patronen in polygons die met een textuur worden afgebeeld

Welke van deze aliasing effecten in afbeeldingen kunnen met behulp van *supersampling* worden verminderd?

- | | (I) | (II) |
|----|------|------|
| a. | wel | wel |
| b. | wel | niet |
| c. | niet | wel |
| d. | niet | niet |

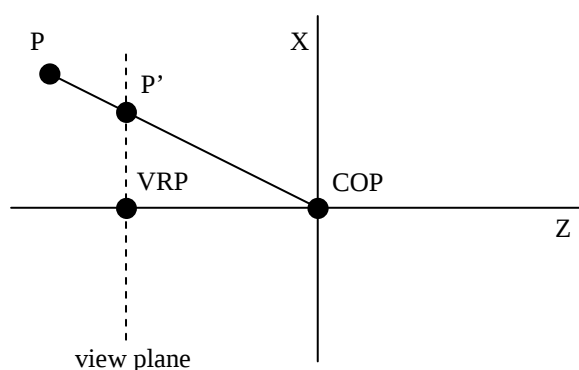
Opgave 15

T is de matrix voor een translatie met translatievector (t_x, t_y) en R de matrix voor een rotatie om O over θ° . Wat is de voorwaarde (noodzakelijk en voldoende) voor de parameters t_x , t_y en θ opdat

$$T \cdot R = R \cdot T$$

- a. $t_x=0 \vee t_y=0 \vee \sin\theta = 0 \vee \cos\theta = 0$
- b. $t_x=0 \vee t_y=0 \vee \sin\theta = 0$
- c. $(t_x=0 \wedge t_y=0) \vee \sin\theta = 0 \vee \cos\theta = 0$
- d. $(t_x=0 \wedge t_y=0) \vee (\sin\theta = 0 \wedge \cos\theta = 1)$

Opgave 16



Beschouw het nevenstaande XZ-aanzicht van een 3D viewingcoördinatenstelsel.

Gegeven zijn de volgende punten (in viewing coördinaten):

VRP = $(0, 0, -5)$ en COP = $(0, 0, 0)$.

Wat is de juiste matrix voor de perspectief projectie, die een willekeurig punt P afbeeldt op een punt P' in het view plane, voor de hiernaast getoonde situatie?

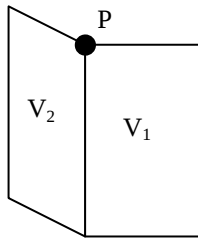
a.
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -0.2 & 0 \end{pmatrix}$$

b.
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -0.2 & 1 \end{pmatrix}$$

c.
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 0 \end{pmatrix}$$

d.
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 17



Gegeven zijn de vlakken $V_1 : z - 2 = 0$ en $V_2 : -\sqrt{3}x + z - 2 = 0$. De polygons in de afbeelding liggen in deze vlakken en zijn onderdeel van een benadering van een cilindermantel die smooth shaded wordt afgebeeld. Wat is de normaalvector in punt P die gebruikt wordt bij het toepassen van het lichtmodel in punt P?

NB. De normaalvector is nog niet genormaliseerd (heeft nog geen lengte 1).

- a. $\begin{pmatrix} -\sqrt{3} \\ 0 \\ 3 \end{pmatrix}$ b. $\begin{pmatrix} -\sqrt{3} \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix}$ c. $\begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$ d. $\begin{pmatrix} -2 \\ 0 \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

Opgave 18

Wat is de positie en de afmeting van de kegel die in een VRML virtuele wereld wordt geplaatst wanneer we de geometrie van de kegel met de knoop **Cone { }** definiëren?

- | | positie | afmeting |
|----|--|--------------------------------------|
| a. | midden van het grondvlak in de oorsprong | straal van het grondvlak 1, hoogte 1 |
| b. | midden van het grondvlak in de oorsprong | straal van het grondvlak 1, hoogte 2 |
| c. | midden van het object in de oorsprong | straal van het grondvlak 1, hoogte 1 |
| d. | midden van het object in de oorsprong | straal van het grondvlak 1, hoogte 2 |

Opgave 19

Gegeven zijn de volgende knopen in een VRML file:

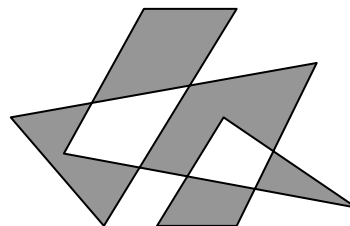
```
PositionInterpolator {  
  key [ 0.0, 0.25, 0.4, 0.5, 0.75, 0.9, 1.0 ]  
  keyValue [  
    0.0 0.0 0.0  
    2.0 2.0 0.0  
    4.0 3.0 0.0  
    6.0 6.0 0.0  
    8.0 3.0 0.0  
    10.0 2.0 0.0  
    12.0 0.0 0.0  
  ]  
}  
  
TimeSensor {  
  cycleInterval 20.0  
  loop TRUE  
}
```

Wat is de waarde die de positie interpolator via zijn value_changed event out naar een andere knoop stuurt op een tijdstip 12 seconden na de start van een cycle?

- a. 6.4 5.4 0.0
- b. 6.4 4.8 0.0
- c. 6.8 5.4 0.0
- d. 6.8 4.8 0.0

Opgave 20

Gegeven is het volgende polygon



Het binnengebied van het polygon is met kleur grijs ingekleurd. Welke regel is gebruikt om te bepalen wat het binnengebied is?

- a. alleen de “nonzero winding number” regel leidt tot de inkleuring zoals in de figuur
- b. alleen de “odd-even” regel leidt tot de inkleuring zoals in de figuur
- c. zowel de “nonzero winding number” regel als ook de “odd-even” regel leidt tot de inkleuring zoals in de figuur
- d. noch de “nonzero winding number” regel, noch de “odd-even” regel leidt tot de inkleuring zoals in de figuur

Opgave 21

Het Sutherland Hodgeman polygon clipping algoritme clipt een polygon tegen een (verlengde) windowgrens. Het resultaat wordt daarna geclipt tegen de volgende verlengde windowgrens, enz. Bij clippen tegen een verlengde windowgrens wordt zijde voor zijde van het polygon behandeld en afhankelijk van de ligging van de zijde ten opzichte van de verlengde windowgrens worden 0, 1 of 2 punten aan het uitvoerpolygon toegevoegd.

Voor de ligging van een eindpunt van een zijde van het polygon gebruiken we de classering BINNEN (d.w.z. aan de kant van de windowgrens waar het window ligt) en BUITEN (d.w.z. aan de kant van de windowgrens waar het window niet ligt).

Beschouw de volgende vragen:

- (I) Hoeveel punten worden aan het uitvoerpolygon toegevoegd bij behandeling van een zijde die loopt van BINNEN naar BUITEN?
- (II) Hoeveel punten worden aan het uitvoerpolygon toegevoegd bij behandeling van een zijde die loopt van BUITEN naar BINNEN?

Wat zijn de juiste antwoorden op deze vragen?

- | | (I) | (II) |
|----|-----|------|
| a. | 1 | 1 |
| b. | 1 | 2 |
| c. | 2 | 1 |
| d. | 2 | 2 |

Opgave 22

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 $B = (5, 1)$ 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 23

Wat maakt geen deel uit van de *measure* bij het optreden van een mouse event in OpenGL?

- a. een indicatie welke muisknop wordt gebruikt
- b. een indicatie of de muisknop is ingedrukt of losgelaten
- c. een indicatie of de muis cursor zich in het display window van de applicatie bevindt
- d. de x- en y-coördinaat van de positie van de muiscursor

Opgave 24

Gegeven is de volgende programmacode met OpenGL function calls

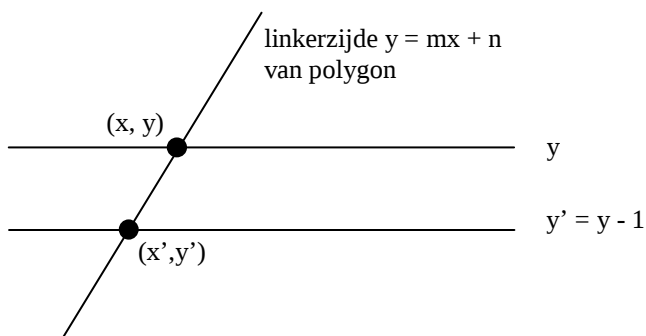
```
glPolygonMode (GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);  
glBegin (GL_POLYGON);  
    glVertex2i(0, 500);  
    glVertex2i(400, 100);  
    glVertex2i(800, 500);  
    glVertex2i(450, 300);  
    glVertex2i(350, 300);  
glEnd ();
```

Welke uitspraak is juist?

- a. OpenGL beeldt het polygon niet goed af omdat het polygon concaaf is.
- b. OpenGL beeldt het polygon niet goed af, want het kan alleen driehoeken goed afbeelden.
- c. OpenGL beeldt het polygon goed af zonder opsplitsing in driehoeken, want het polygon bevat geen elkaar snijdende zijden.
- d. OpenGL deelt het polygon op in 3 driehoeken en beeldt het polygon goed af.

Opgave 25

Een 3D polygon heeft vlakvergelijking $Ax + By + Cz + D = 0$. Tijdens uitvoering van het z-buffer algoritme worden dieptewaarden over het polygon bijgehouden met incrementele methoden. Uit de diepte z op een linkerzijde van het polygon op scan line y wordt de diepte z' op dezelfde zijde op scan line $y' = y - 1$ incrementeel berekend. De richtingscoëfficiënt van de zijde is m .



Wat is de juiste formule voor het berekenen van z' ?

- a. $z' = z + \frac{A/m + B}{C}$
- b. $z' = z + \frac{B/m + A}{C}$
- c. $z' = z + \frac{A/m + C}{B}$
- d. $z' = z + \frac{B/m + C}{A}$

Opgave 26

Welke component in een eenvoudig lichtreflectiemodel is onafhankelijk van de positie van de lichtbron en ook onafhankelijk van de positie van de waarnemer?

- a. de diffuse reflectie component
- b. de spiegelende reflectie component
- c. de ambient component
- d. de diffuse reflectie component en de ambient component

Opgave 27

$M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix}$ is de matrix van een perspectief mapping van een textuur op een polygon

ABCD. De onderstaande tabel geeft aan welke punten van de textuur worden afgebeeld op de hoekpunten van het polygon.

hoekpunt	x	y	u	v
A	400	300	0	0
B	200	500	1	0
C	0	200	1	1
D	100	0	0	1

Wat zijn de juiste waarden van c en f voor deze mapping?

- | | c | f |
|----|-----|-----|
| a. | 0 | 200 |
| b. | 100 | 500 |
| c. | 200 | 0 |
| d. | 400 | 300 |

Opgave 28

3D transformaties representeren we vaak met 4 x 4 matrices (met gebruik van homogene coördinaten). Beschouw de volgende transformaties

- (I) een translatie met translatievector (tx, ty, tz)
- (II) een z-richting shearing met shear factoren Shx en Shy
- (III) een perspectief projectie met projectiecentrum O op het vlak z=-d

Hoeveel van deze transformaties kunnen ook met een 3 x 3 matrix worden gerepresenteerd (i.p.v. een 4 x 4 matrix)?

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

Opgave 29

Gegeven zijn de volgende VRML code fragmenten:

```
DEF Blok1 Transform {  
  translation 1 0 0  
  rotation 0 0 1 1  
  children [  
    Shape {  
      appearance USE Yellow  
      geometry Box {}  
    }  
  ]  
}
```

```
DEF Blok2 Transform {  
  rotation 0 0 1 1  
  translation 1 0 0  
  children [  
    Shape {  
      appearance USE Yellow  
      geometry Box {}  
    }  
  ]  
}
```

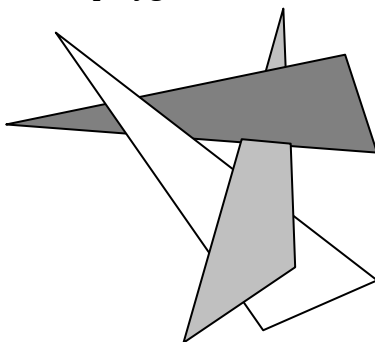
```
DEF Blok3 Transform {  
  translation 1 0 0  
  children [  
    Transform {  
      rotation 0 0 1 1  
      children [  
        Shape {  
          appearance USE Yellow  
          geometry Box {}  
        }  
      ]  
    }  
  ]  
}
```

De drie Transform knopen definiëren drie getransformeerde blokken. Welke blokken bevinden zich op dezelfde plaats?

- a. Blok1 en Blok2
- b. Blok1 en Blok3
- c. Blok2 en Blok3
- d. Blok1, Blok2 en Blok3

Opgave 30

Bij welk hidden surface removal algoritme moet een polygon worden gesplitst in twee kleinere polygons in de situatie zoals getoond in de onderstaande figuur?



- z-buffer algoritme
- a. wel splitsen
 - b. wel splitsen
 - c. niet splitsen
 - d. niet splitsen

- diepte sorterings algoritme
- a. wel splitsen
 - b. niet splitsen
 - c. wel splitsen
 - d. niet splitsen

einde tentamenopgaven