Quadriques

Exercices de Jean-Louis Rouget. Retrouver aussi cette fiche sur www.maths-france.fr

* très facile ** facile *** difficulté moyenne **** difficile ***** très difficile
I : Incontournable

Exercice 1 ** I

Nature et éléments caractéristiques de la quadrique $(\mathcal{S})$ dont une équation dans un repère orthonormé donné $\mathcal{R} = (O, i, j, k)$ de l'espace de dimension 3 est :

1. $x^2 + y^2 + z^2 - 2yz - 4x + 4y - 1 = 0$.
2. $x^2 + y^2 + z^2 + 2xy - 1 = 0$.
3. $x^2 + y^2 + z^2 - 2xy + 2xz + 3x - y + z + 1 = 0$.
4. $x^2 + 4y^2 + 5z^2 - 4xy - 2x + 4y = 0$.
5. $x^2 - 4x - 3y - 2 = 0$.
6. $7x^2 - 2y^2 + 4z^2 + 4xy + 20xz + 16yz - 36x + 72y - 108z + 36 = 0$.
7. $(x-y)(y-z) + (y-z)(z-x) + (z-x)(x-y) + (x-y) = 0$.
8. $xy + yz = 1$.
9. $xy + yz + zx + 2y + 1 = 0$.

Correction ▼ [005825]

Exercice 2 **

Déterminer la quadrique contenant le point $A(2, 3, 2)$ et les deux paraboles $(\mathcal{P})$ d'équations $\begin{cases} z = 0 \\ y^2 = 2x \end{cases}$ et $(\mathcal{P}')$ d'équations $\begin{cases} x = 0 \\ y^2 = 2z \end{cases}$.

Correction ▼ [005826]

Exercice 3 ***

Démontrer que toute équation du second degré symétrique en x, y et z est l'équation d'une surface de révolution (une surface $(\mathcal{S})$ est dite de révolution d'axe $(\mathcal{D})$ si et seulement si $(\mathcal{S})$ est invariante par toute rotation d'axe $(\mathcal{D})$).

Correction ▼ [005827]

Exercice 4 ***

Former l'équation de la surface de révolution $(\mathcal{S})$ engendrée par la rotation de la droite $(\mathcal{D})$ $\begin{cases} x = z + 2 \\ y = 2z + 1 \end{cases}$ autour de la droite (Δ) d'équations $x = y = z$. Quelle surface obtient-on ?

Correction ▼ [005828]

Exercice 5 ***

Equation du cône de sommet S et de directrice (C) dans les cas suivants :

1. $S(0,0,0)$ et $(C) : x = t, y = t^2, z = t^3, t \in \mathbb{R}^*$.

2. $S(1,-1,0)$ et $(C) : \begin{cases} y+z=1 \\ x^2+y^2=z \end{cases}$.

Correction ▼ [005829]

Exercice 6 ***

Trouver une équation du cône de sommet S circonscrit à la surface $(\mathcal{S})$ quand

1. $S(0,5,0)$ et $(\mathcal{S}) : x^2+y^2+z^2=9$,

2. $S(0,0,0)$ et $(\mathcal{S}) : x^2+xy+z-1=0$. (Préciser la courbe de contact.)

(**Définitions.** Le cône (C) de sommet S circonscrit à la surface $(\mathcal{S})$ est la réunion des tangentes à $(\mathcal{S})$ passant par S. D'autre part, une droite est tangente à la surface $(\mathcal{S})$ en un point M si et seulement si elle passe par M et est contenue dans le plan tangent à $(\mathcal{S})$ en M).

Correction ▼ [005830]

Exercice 7 ***

Pour quelles valeurs de λ la surface $(\mathcal{S})$ d'équation $x(\lambda-y)+y(\lambda-z)+z(\lambda-x)-\lambda=0$ est-elle un cône du second degré ? En préciser alors le sommet et une directrice.

Correction ▼ [005831]

Exercice 8 *

Montrer que l'arc paramétré $\begin{cases} x = \frac{1}{2}e^t(\cos t - \sin t) \\ y = \frac{1}{2}e^t(\cos t + \sin t) \\ z = e^t \end{cases}$ est tracé sur un cône du second degré de sommet O.

Correction ▼ [005832]

Exercice 9 ***

Equation cartésienne du cylindre (C) de direction $\vec{u}$ et de directrice (C) dans les cas suivants :

1. $\vec{u}(1,0,1)$ et $(C) : x = a\cos t, y = b\sin t, z = a\sin t\cos t$ (a et b tous deux non nuls).

2. $\vec{u}(0,1,1)$ et $(C) : \begin{cases} y+z=1 \\ x^2+y^2=1 \end{cases}$.

Correction ▼ [005833]

Exercice 10 **

Equation du cylindre (C) de section droite la courbe (C) d'équations $\begin{cases} z=x \\ 2x^2+y^2=1 \end{cases}$

Correction ▼ [005834]

Exercice 11 ** I

Equation cartésienne du cylindre de révolution (C) de rayon R et d'axe $(\mathcal{D})$ d'équations $\begin{cases} x=z+2 \\ y=z+1 \end{cases}$.

Déterminer R pour que la droite (Oz) soit tangente au cylindre.

Correction ▼ [005835]

Exercice 12 *

Trouver les plans tangents à l'ellipsoïde d'équation $x^2 + 2y^2 + 3z^2 = 21$ qui sont parallèles au plan d'équation $x + 4y + 6z = 0$.

Correction ▼ [005836]

Exercice 13 **

Trouver les plans tangents à la surface $(\mathcal{S})$ d'équation $x - 8yz = 0$ et contenant la droite $(\mathcal{D})$ d'équations $\begin{cases} y = 1 \\ x + 4z + 2 = 0 \end{cases}$.

Correction ▼ [005837]

Exercice 14 ** I

1. Équation du cylindre de révolution (C) d'axe la droite d'équations $x = y + 1 = 3z - 6$ et de rayon 3.
2. Équation du cône de révolution (C) d'axe la droite d'équations $x = y + 1 = 3z - 6$, de sommet $S(0, -1, 2)$ et de demi-angle au sommet $\frac{\pi}{3}$.

Correction ▼ [005838]

Correction de l'exercice 1 ▲

1. Pour $(x,y,z)\in\mathbb{R}^3$, on pose $Q(x,y,z)=x^2+y^2+z^2-2yz$.

   Pour tout $(x,y,z)\in\mathbb{R}^3$, $x^2+y^2+z^2-2yz=x^2+(y-z)^2=X^2+2Y^2$ en posant $X=x$, $Y=\frac{1}{\sqrt{2}}(y-z)$ et $Z=\frac{1}{\sqrt{2}}(y+z)$ correspondant au changement de bases orthonormées de matrice $P=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&\frac{1}{\sqrt{2}}&\frac{1}{\sqrt{2}}\\0&-\frac{1}{\sqrt{2}}&\frac{1}{\sqrt{2}}\end{pmatrix}$.

   Notons $\mathcal{R}'=(O,e_1,e_2,e_3)$ le repère orthonormé ainsi défini. La surface $(\mathcal{S})$ admet pour équation dans $\mathcal{R}$? $X^2+2Y^2-4X+2\sqrt{2}(Y+Z)-1=0$ ou encore

   $$(X-2)^2+2\left(Y+\tfrac{1}{\sqrt{2}}\right)^2=-2\sqrt{2}\left(Z-\tfrac{3}{\sqrt{2}}\right).$$

   La surface $(\mathcal{S})$ est un paraboloïde elliptique de sommet S de coordonnées $\left(2,\frac{1}{\sqrt{2}},\frac{3}{\sqrt{2}}\right)$ dans $\mathcal{R}'$ et donc $(2,2,1)$ dans $\mathcal{R}$.

2. En posant $X=\frac{1}{\sqrt{2}}(x+y)$, $Y=\frac{1}{\sqrt{2}}(-x+y)$ et $Z=z$, on obtient : $2X^2+Z^2=1$.

   La surface $(\mathcal{S})$ est un cylindre elliptique d'axe (OY) ou encore d'axe la droite d'équations $\begin{cases}y=-x\\z=0\end{cases}$.

3. Pour $(x,y,z)\in\mathbb{R}^3$, posons $Q(x,y,z)=x^2+y^2+z^2-2xy+2xz$.

   La matrice de Q dans la base canonique (i,j,k) de $\mathbb{R}^3$ est $A=\begin{pmatrix}1&-1&1\\-1&1&0\\1&0&1\end{pmatrix}$.

   $$\chi_A=\begin{vmatrix}1-X&-1&1\\-1&1-X&0\\1&0&1-X\end{vmatrix}=(1-X)^3+(X-1)+(X-1)=(1-X)((1-X)^2-2)$$
   $$=(1-X)(1+\sqrt{2}-X)(1+\sqrt{2}-X).$$

   Q est de rang 3 et de signature $(2,1)$. La surface $(\mathcal{S})$ peut être un hyperboloïde à une ou deux nappes ou un cône de révolution.

   $\mathrm{Ker}(A-I_3)=\mathrm{Vect}(e_1)$ où $e_1=\frac{1}{\sqrt{2}}(0,1,1)$.

   $\mathrm{Ker}(A-(1+\sqrt{2})I_3)=\mathrm{Vect}(e_2)$ où $e_2=\frac{1}{2}(\sqrt{2},-1,1)$ et $\mathrm{Ker}(A-(1-\sqrt{2})I_3)=\mathrm{Vect}(e_3)$ où $e_3=\frac{1}{2}(\sqrt{2},1,-1)$

   La matrice de passage correspondante est la matrice $P=\begin{pmatrix}0&\frac{1}{\sqrt{2}}&\frac{1}{\sqrt{2}}\\\frac{1}{\sqrt{2}}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{2}\\\frac{1}{\sqrt{2}}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{2}\end{pmatrix}$.

   Déterminons une équation réduite de la surface $(\mathcal{S})$ dans le repère (O,e_1,e_2,e_3).

$$X^2+(1+\sqrt{2})Y^2+(1-\sqrt{2})Z^2+\frac{3}{\sqrt{2}}(Y+Z)-\frac{1}{2}(\sqrt{2}X-Y+Z)+\frac{1}{2}(\sqrt{2}X+Y-Z)+1=0$$

$$\Leftrightarrow X^2+(1+\sqrt{2})\left(Y^2+\frac{3+\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}Y\right)+(1-\sqrt{2})\left(Z^2-\frac{3-\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}Z\right)+1=0$$

$$\Leftrightarrow X^2+(1+\sqrt{2})\left(Y+\frac{3+\sqrt{2}}{2(2+\sqrt{2})}\right)^2-\frac{(3+\sqrt{2})^2}{8(1+\sqrt{2})}+(1-\sqrt{2})\left(Z-\frac{3-\sqrt{2}}{2(2-\sqrt{2})}\right)^2-\frac{(3-\sqrt{2})^2}{8(1-\sqrt{2})}+1=0$$

$$\Leftrightarrow X^2+(1+\sqrt{2})\left(Y+1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2+(1-\sqrt{2})\left(Z-1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2=\frac{11+6\sqrt{2}}{8(1+\sqrt{2})}+\frac{11-6\sqrt{2}}{8(1-\sqrt{2})}-1$$

$$\Leftrightarrow X^2+(1+\sqrt{2})\left(Y+1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2+(1-\sqrt{2})\left(Z-1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2=-\frac{3}{4}$$

$$\Leftrightarrow -\frac{4}{3}X^2-\frac{4(1+\sqrt{2})}{3}\left(Y+1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2+\frac{4(\sqrt{2}-1)}{3}\left(Z-1-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^2=1.$$

La surface $(\mathcal{S})$ est un hyperboloïde à deux nappes de centre de coordonnées $\left(0,-1+\frac{\sqrt{2}}{4},1+\frac{\sqrt{2}}{4}\right)$ dans le repère $\mathcal{R}'$.

4. On pose $X=\frac{1}{\sqrt{5}}(x-2y)$, $Y=\frac{1}{\sqrt{5}}(2x+y)$ et $Z=z$. Dans le repère $\mathcal{R}'$ ainsi défini, la surface $(\mathcal{S})$ admet pour équation $5X^2+5Z^2-\frac{2}{\sqrt{5}}(X+2Y)+\frac{4}{\sqrt{5}}(-2X+Y)=0$ ou encore $5\left(X-\frac{1}{\sqrt{5}}\right)^2+5Z^2=1$.

   La surface $(\mathcal{S})$ est un cylindre de révolution d'axe la droite d'équations $\begin{cases} X=\frac{1}{\sqrt{5}} \\ Z=0 \end{cases}$ dans $\mathcal{R}'$ et de rayon $\frac{1}{\sqrt{5}}$.

5. $x^2-4x-3y-2=0\Leftrightarrow(x-2)^2=3(y+2)$. La surface $(\mathcal{S})$ est un cylindre parabolique de direction (Oz).

6. Pour $(x,y,z)\in\mathbb{R}^3$, posons $Q(x,y,z)=7x^2-2y^2+4z^2+4xy+20xz+16yz$. La matrice de Q dans la base canonique (i,j,k) de $\mathbb{R}^3$ est $A=\begin{pmatrix} 7 & 2 & 10 \\ 2 & -2 & 8 \\ 10 & 8 & 4 \end{pmatrix}$.

$$\chi_A=\begin{vmatrix} 7-X & 2 & 10 \\ 2 & -2-X & 8 \\ 10 & 8 & 4-X \end{vmatrix}=(7-X)(X^2-2X-72)-2(-2X-72)+10(10X+36)$$
$$=-X^3+9X^2+162X=-X(X+9)(X-18).$$

Donc Q est de rang 2 et de signature $(1,1)$.

$(x,y,z)\in\mathrm{Ker}(A)\Leftrightarrow\begin{cases} 7x+2y+10z=0 \\ 2x-2y+4z=0 \\ 10x+8y+4z=0 \end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases} x-y=-4z \\ 5x+4y=-2z \end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases} x=-2z \\ y=2z \end{cases}$ et $\mathrm{Ker}(A)=\mathrm{Vect}(e_1)$ où $e_1=\frac{1}{3}(-2,2,1)$.

$(x,y,z)\in\mathrm{Ker}(A+9I_3)\Leftrightarrow\begin{cases} 16x+2y+10z=0 \\ 2x+7y+8z=0 \\ 10x+8y+13z=0 \end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases} y=-8x-5z \\ z=-2x \end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases} y=2x \\ z=-2x \end{cases}$ et $\mathrm{Ker}(A+9I_3)=\mathrm{Vect}(e_2)$ où $e_2=\frac{1}{3}(1,2,-2)$.

$\mathrm{Ker}(A-18I_3)=\mathrm{Vect}(e_3)$ où $e3=-e_1\wedge e_2=\frac{1}{3}(2,1,2)$.

La matrice de passage du changement de bases ainsi défini est $P = \frac{1}{3}\begin{pmatrix} -2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1 \\ 1 & -2 & 2 \end{pmatrix}$.

Déterminons une équation réduite de la surface $(\mathcal{S})$ dans le repère $\mathcal{R}' = (O, e_1, e_2, e_3)$

$$\begin{aligned} 7x^2 - 2y^2 + 4z^2 + 4xy + 20xz + 16yz - 36x + 72y - 108z + 36 = 0 \\ \Leftrightarrow -9Y^2 + 18Z^2 - 12(-2X + Y + 2Z) + 24(2X + 2Y + Z) - 36(X - 2Y + 2Z) + 36 = 0 \\ \Leftrightarrow -9Y^2 + 18Z^2 + 36X + 108Y - 72Z + 36 = 0 \Leftrightarrow -Y^2 + 2Z^2 + 4X + 12Y - 8Z + 4 = 0 \\ \Leftrightarrow 4(X + 8) = (Y - 6)^2 - 2(Z - 2)^2. \end{aligned}$$

La surface $(\mathcal{S})$ est un paraboloïde hyperbolique. Son point selle est le point de cordonnées $(-8, 6, 2)$ dans le repère $\mathcal{R}'$.

7. La surface $(\mathcal{S})$ admet pour équation cartésienne : $x^2 + y^2 + z^2 - xy - xz - zx - x + y = 0$.

   Pour $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$, posons $Q(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - xy - xz - zx$. La matrice de Q dans la base canonique (i, j, k) de $\mathbb{R}^3$ est $A = \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}$. $\mathrm{Sp}(A) = \left(\frac{3}{2}, \frac{3}{2}, 0\right)$. Un base orthonormée (e_1, e_2, e_3) de vecteurs propres est la famille de matrice $P = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & -\frac{2}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix}$.

   Dans le repère $\mathcal{R}' = (O, e_1, e_2, e_3)$, la surface $(\mathcal{S})$ admet pour équation cartésienne $\frac{3}{2}(X^2 + Y^2) - \left(\frac{1}{\sqrt{2}}X + \frac{1}{\sqrt{6}}Y + \frac{1}{\sqrt{3}}Z\right) + \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}X + \frac{1}{\sqrt{6}}Y + \frac{1}{\sqrt{3}}Z\right) = 0$ ou encore $\frac{3}{2}(X^2+Y^2) - \sqrt{2}X = 0$ ou enfin $\left(X - \frac{\sqrt{2}}{3}\right)^2 + Y^2 = \frac{2}{9}$.

   La surface $(\mathcal{S})$ est un cylindre de révolution d'axe la droite d'équation $\begin{cases} X = \frac{\sqrt{2}}{3} \\ Y = 0 \end{cases}$ dans le repère $\mathcal{R}'$ et de rayon $\frac{\sqrt{2}}{3}$.

8. En posant $X = y$, $Y = \frac{1}{\sqrt{2}}(y + z)$ (et $Z = \frac{1}{\sqrt{2}}(-y + z)$, $xy + yz = 0 \Leftrightarrow XY = \sqrt{2}$.

   La surface $(\mathcal{S})$ est un cylindre hyperbolique.

9. Pour $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$, posons $Q(x, y, z) = xy + yz + zx$.

   La matrice de Q dans la base canonique (i, j, k) de $\mathbb{R}^3$ est $\frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. $\mathrm{Sp}(A) = (-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, 1)$ et donc la surface $(\mathcal{S})$ est soit un hyperboloïde à une ou deux nappes, soit un cône du second degré et dans tous les cas une surface de révolution (puisque les deux valeurs propres négatives sont égales) d'axe de direction $\mathrm{Ker}(A - I_3) = \mathrm{Vect}(1, 1, 1)$ et passant par le point critique $\Omega(-1, 1, -1)$.

   Quand on se place dans le repère (Ω, i, j, k), la surface $(\mathcal{S})$ admet pour équation $XY+YZ+ZX+2 = 0$ (car $f(-1, 1, -1) = 2$) puis dans le repère (Ω, e_1, e_2, e_3), $-\frac{1}{2}X^2 - \frac{1}{2}Y^2 + Z^2 + 2 = 0$ ou encore $\frac{1}{4}X^2 + \frac{1}{4}Y^2 - \frac{1}{2}Z^2 = 1$.

   La surface $(\mathcal{S})$ est un hyperboloïde de révolution à une nappe.

Correction de l'exercice 2 ▲

On cherche $(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j) \neq (0,...,0)$ tel que la surface $(\mathcal{S})$ d'équation $ax^2+by^2+cz^2+2dxy+2eyz+2fzx+2gx+2hy+2iz+j=0$ contienne la parabole $(\mathcal{P})$ de représentation paramétrique $\left\{\begin{array}{l} x=\frac{t^2}{2} \\ y=t \\ z=0 \end{array}\right.$, $t\in\mathbb{R}$, la parabole $(\mathcal{P}')$ de représentation paramétrique $\left\{\begin{array}{l} x=0 \\ y=t \\ z=\frac{t^2}{2} \end{array}\right.$, $t\in\mathbb{R}$, et le point $A(2,3,2)$.

$$\begin{aligned}(\mathcal{P})\subset(\mathcal{S}) &\Leftrightarrow \forall t\in\mathbb{R},\ \frac{a}{4}t^4+bt^2+dt^3+gt^2+2ht+j=0 \Leftrightarrow \forall t\in\mathbb{R},\ \frac{a}{4}t^4+dt^3+(b+g)t^2+2ht+j=0\\ &\Leftrightarrow a=d=h=j=0 \text{ et } g=-b.\end{aligned}$$

Donc $(\mathcal{P})$ est contenue dans $(\mathcal{S})$ si et seulement si $(\mathcal{S})$ a une équation de la forme $by^2+cz^2+2eyz+2fzx-2bx+2iz=0$ avec $(b,c,e,f,i)\neq(0,0,0,0,0)$.

$$\begin{aligned}(\mathcal{P}')\subset(\mathcal{S}) &\Leftrightarrow \forall t\in\mathbb{R},\ bt^2+\frac{c}{4}t^4+et^3+it^2=0 \Leftrightarrow \forall t\in\mathbb{R},\ \frac{c}{4}t^4+et^3+(b+i)t^2=0\\ &\Leftrightarrow c=e=0 \text{ et } i=-b.\end{aligned}$$

Donc $(\mathcal{P})$ et $(\mathcal{P}')$ sont contenues dans $(\mathcal{S})$ si et seulement si $(\mathcal{S})$ a une équation de la forme $by^2+2fzx-2bx-2bz=0$ avec $(b,f)\neq(0,0)$.
Enfin, $A\in(\mathcal{S}) \Leftrightarrow 9b+8f-4b-4b=0 \Leftrightarrow b=-8f$ et $f\neq 0$. On trouve donc une et une seule quadrique à savoir la surface $(\mathcal{S})$ d'équation $-4y2+zx+8x+8z=0$.
En posant $X=\frac{1}{\sqrt{2}}(x+z)$, $Y=y$ et $Z=\frac{1}{\sqrt{2}}(x-z)$, on obtient

$$\begin{aligned}-4y2+zx+8x+8z &= -4Y^2+\frac{1}{2}(X+Z)(X-Z)+8\sqrt{2}X\\ &= \frac{1}{2}\left(X+8\sqrt{2}\right)^2-4Y^2+\frac{1}{2}Z^2-64.\end{aligned}$$

Dans le nouveau repère ainsi défini, une équation cartésienne de la surface $(\mathcal{S})$ est $\frac{1}{128}\left(X+8\sqrt{2}\right)^2-\frac{1}{16}Y^2+\frac{1}{128}Z^2=1$ et $(\mathcal{S})$ est un hyperboloïde à deux nappes.

Correction de l'exercice 3 ▲

Soit $(\mathcal{S})$ une surface du second degré d'équation $f(x,y,z)=0$ où f est symétrique en x, y et z. Soient σ_1, σ_2 et σ_3 les trois fonctions symétriques élémentaires en x, y et z.
Puisque f est symétrique en x, y et z, f est un polynôme en σ_1, σ_2 et σ_3. f est d'autre part un polynôme de degré 2 en x, y et z et donc

$$\text{il existe } (a,b,c,d)\in\mathbb{R}^4 \text{ avec } (a,b)\neq(0,0) \text{ tel que } f=a\sigma_1^2+b\sigma_2+c\sigma_1+d.$$

Réciproquement, si f est de la forme ci-dessus, alors f est symétrique en x, y et z.
Puisque $\sigma_2=xy+yz+zx=\frac{1}{2}((x+y+z)^2-(x^2+y^2+z^2))$, $(\mathcal{S})$ admet une une équation cartésienne de la forme :

$$\left(a+\frac{b}{2}\right)(x+y+z)^2-b(x^2+y^2+z^2)+c(x+y+z)+d=0 \text{ où } (a,b)\neq(0,0).$$

Soit $(\mathcal{D})$ la droite passant par O dirigée par $\vec{n}=\vec{i}+\vec{j}+\vec{k}$ ($\vec{n}$ est vecteur normal à tout plan d'équation $x+y+z=k$, $k\in\mathbb{R}$) et soit r une rotation quelconque d'axe $(\mathcal{D})$.
Si M est un point de coordonnées (x,y,z) et $M'=r(M)$ a pour coordonnées (x',y',z') alors $x+y+z=x'+y'+z'$ car M et M' sont dans un plan perpendiculaire à $(\mathcal{D})$ et $x^2+y^2+z^2=x'^2+y'^2+z'^2$ car une rotation est une isométrie et car $r(O)=O$.

Finalement, pour toute rotation r d'axe $(\mathcal{D})$, $M \in (\mathcal{S}) \Leftrightarrow r(M) \in (\mathcal{S})$ et donc la surface $(\mathcal{S})$ est une surface de révolution d'axe $(\mathcal{D})$.

Correction de l'exercice 4 ▲

Soit $A(a,b,c)$ un point quelconque de l'espace E_3.
Déterminons un système d'équation du cercle (C_A) d'axe (Δ) d'équations $x=y=z$ passant par A.
Ce cercle est par exemple l'intersection du plan passant par A de vecteur normal $(1,1,1)$ et de la sphère de centre O et de rayon OA.
Un système d'équations de (C_A) est $\left\{\begin{array}{l} x+y+z=a+b+c \\ x^2+y^2+z^2=a^2+b^2+c^2 \end{array}\right.$.
Déterminons alors une équation cartésienne de la surface $\mathcal{S}$. Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un point $M(x,y,z)$ soit un point de $(\mathcal{S})$ est $(C_M) \cap (\mathcal{D}) \neq \varnothing$. Donc

$$M \in (\mathcal{S}) \Leftrightarrow \exists (\alpha,\beta,\gamma) \in \mathbb{R}^3 / \left\{\begin{array}{l} x+y+z=\alpha+\beta+\gamma \\ x^2+y^2+z^2=\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 \\ \alpha=\gamma+2 \\ \beta=2\gamma+1 \end{array}\right. \Leftrightarrow \exists (\alpha,\beta,\gamma) \in \mathbb{R}^3 / \left\{\begin{array}{l} \alpha=\gamma+2 \\ \beta=2\gamma+1 \\ x+y+z=\gamma+2+2\gamma+1+\gamma \\ x^2+y^2+z^2=\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 \end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow \exists (\alpha,\beta,\gamma) \in \mathbb{R}^3 / \left\{\begin{array}{l} \alpha=\gamma+2 \\ \beta=2\gamma+1 \\ \gamma=\frac{1}{4}(x+y+z-3) \\ x^2+y^2+z^2=\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 \end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow x^2+y^2+z^2=\left(\frac{1}{4}(x+y+z-3)+2\right)^2+\left(\frac{2}{4}(x+y+z-3)+1\right)^2+\left(\frac{1}{4}(x+y+z-3)\right)^2$$

$$\Leftrightarrow 16(x^2+y^2+z^2)=(x+y+z+5)^2+4(x+y+z-1)^2+(x+y+z-3)^2$$

$$\Leftrightarrow 16(x^2+y^2+z^2)=6(x+y+z)^2-2(x+y+z)+38$$

$$\Leftrightarrow 5(x^2+y^2+z^2)-6(xy+yz+zx)-(x+y+z)-19=0.$$

Une équation cartésienne de $(\mathcal{S})$ est $5(x^2+y^2+z^2)-6(xy+yz+zx)-(x+y+z)-19=0$.

La matrice de la forme quadratique $(x,y,z) \mapsto 5(x^2+y^2+z^2)-6(xy+yz+zx)$ dans la base canonique de $\mathbb{R}^3$ est $\begin{pmatrix} 5 & -3 & -3 \\ -3 & 5 & -3 \\ -3 & -3 & 5 \end{pmatrix}$. Ses valeurs propres sont 8, valeur propre d'ordre 2 associée au plan d'équation $x+y+z=0$ et -1 valeur propre d'ordre 1 associé à la droite d'équation. Dans le repère $\left(O,\overrightarrow{e_1},\overrightarrow{e_2},\overrightarrow{e_3}\right)$ où $\overrightarrow{e_1}=\frac{1}{\sqrt{2}}(1,-1,0)$, $\overrightarrow{e_2}=\frac{1}{\sqrt{6}}(1,1,-2)$ et $\overrightarrow{e_3}=\frac{1}{\sqrt{3}}(1,1,1)$

$$M \in (\mathcal{S}) \Leftrightarrow 8x'^2+8y'^2-z'^2-\sqrt{3}z'-19=0 \Leftrightarrow 8\left(x'-\frac{\sqrt{3}}{16}\right)^2 8y'^2-z'^2=19+\frac{3}{32}.$$

La surface $(\mathcal{S})$ est un hyperboloïde à une nappe.

Correction de l'exercice 5 ▲

1. On note $(\mathcal{S})$ le cône de sommet S et de directrice (C).

$$M(x,y,z)\in(\mathcal{S})\setminus\{O\}\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*/\ O+\lambda\overrightarrow{OM}\in(C)\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*,\ \exists t\in\mathbb{R}^*/\ \left\{\begin{array}{l}\lambda x=t\\ \lambda y=t^2\\ \lambda z=t^3\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*,\ \exists t\in\mathbb{R}^*/\ \left\{\begin{array}{l}t=\lambda x\\ y=\lambda x^2\\ z=\lambda^2x^3\end{array}\right.\Leftrightarrow x\neq0\text{ et }y\neq0\text{ et }z=\left(\frac{y}{x^2}\right)^2x^3$$

$$\Leftrightarrow x\neq0\text{ et }y\neq0\text{ et }z=y^2x.$$

Si on récupère le point O, $M(x,y,z)\in(\mathcal{S})\Leftrightarrow(x=y=0\text{ ou }xy\neq0)$ et $z=y^2x$.

On peut noter que la surface d'équation $z=y^2x$ est la réunion du cône, sommet O compris, et des axes (Ox) et (Oy) qui ne font pas partie du cône (à l'exception du point O).

2. On note $(\mathcal{S})$ le cône de sommet S et de directrice (C).

$$M(x,y,z)\in(\mathcal{S})\setminus\{S\}\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*/\ S+\lambda\overrightarrow{SM}\in(C)\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*/\ (1+\lambda(x-1),-1+\lambda(y+1),\lambda z)\in(C)$$

$$\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}^*/\ \left\{\begin{array}{l}-1+\lambda(y+1)+\lambda z=1\\ (1+\lambda(x-1))^2+(-1+\lambda(y+1))^2=\lambda z\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\left(1+\frac{2}{y+z+1}(x-1)\right)^2+\left(-1+\frac{2}{y+z+1}(y+1)\right)^2=\frac{2}{y+z+1}z$$

$$\Leftrightarrow(2x+y+z-1)^2+(y-z+1)^2=2(y+z+1)z\text{ et }y+z+1\neq0.$$

En résumé, $M(x,y,z)$ est dans $(\mathcal{S})$ si et seulement si $M=S$ ou $M\neq S$ et $(2x+y+z-1)^2+(y-z+1)^2=2(y+z+1)z$ et $y+z+1\neq0$.

Maintenant le point $S(1,-1,0)$ est dans le plan (P) d'équation $y+z+1=0$ et la courbe (C) n'a aucun point dans ce plan. Donc la surface $(\mathcal{S})$ contient un et un seul point de ce plan.

Notons alors $(\mathcal{S}')$ la surface d'équation $(2x+y+z-1)^2+(y-z+1)^2=2(y+z+1)z$ et vérifions que l'intersection de $(\mathcal{S}')$ et de (P) est $\{S\}$. Ceci montrera que $(\mathcal{S}')=(\mathcal{S})$.

$$M(x,y,z)\in(\mathcal{S})\cap(P)\Leftrightarrow\left\{\begin{array}{l}y+z+1=0\\ (2x+y+z-1)^2+(y-z+1)^2=2(y+z+1)z\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\left\{\begin{array}{l}y+z+1=0\\ 2x+y+z-1=0\\ y-z+2=0\end{array}\right.\Leftrightarrow\left\{\begin{array}{l}y=-1\\ z=0\\ x=1\end{array}\right.\Leftrightarrow M=S$$

Finalement $(\mathcal{S}')=(\mathcal{S})$. Une équation de $(\mathcal{S})$ est donc $(2x+y+z-1)^2+(y-z+1)^2=2(y+z+1)z$ ou encore $4x^2+2y^2+4xy+4xz-2yz-4x+2y-6z+2=0$. $(\mathcal{S})$ est donc un cône du second degré.

Correction de l'exercice 6 ▲

Notons (C) le cône de sommet S circonscrit à la surface $(\mathcal{S})$.

1. Ici $(\mathcal{S})$ est la sphère de centre O et de rayon 3 et le point S est extérieur à cette sphère. Donc

$$M(x,y,z)\in(C)\Leftrightarrow M=S\text{ ou }M\neq S\text{ et }d(O,(SM))=3\Leftrightarrow M=S\text{ ou }M\neq S\text{ et }\|\overrightarrow{SO}\wedge\overrightarrow{SM}\|=3\|\overrightarrow{SM}\|$$

$$\Leftrightarrow\|\overrightarrow{SO}\wedge\overrightarrow{SM}\|=3\|\overrightarrow{SM}\|\Leftrightarrow\|(0,5,0)\wedge(x,y-5,z)\|=3\|(x,y-5,z)\|$$

$$\Leftrightarrow(5z)^2+(5x)^2=9(x^2+(y-5)^2+z^2)\Leftrightarrow16x^2-9(y-5)^2+16z^2=0.$$

2. Soit $M_0(x_0, y_0, z_0)$ un point de $(\mathcal{S})$ (c'est-à-dire tel que $x_0^2 + x_0y_0 + z_0 - 1 = 0$). $(\mathcal{S})$ est une surface du second degré. Une équation du plan tangent à $(\mathcal{S})$ en M_0 est fournie par la règle de dédoublement des termes :

$$xx_0 + \tfrac{1}{2}(y_0x + x_0y) + \tfrac{1}{2}(z + z_0) - 1 = 0.$$

Ce plan tangent contient le point $S(0, 0, 0)$ si et seulement si $z_0 = 2$ ce qui montre déjà que la courbe de contact admet pour système d'équations $\begin{cases} x^2 + xy + z - 1 = 0 \\ z = 2 \end{cases}$ ou encore $\begin{cases} x^2 + xy + 1 = 0 \\ z = 2 \end{cases}$. C'est une hyperbole du plan d'équation $z = 2$.

Le cône de sommet S circonscrit à $(\mathcal{S})$ est alors le cône de sommet S et de directrice (C) d'équations $\begin{cases} x^2 + xy + 1 = 0 \\ z = 2 \end{cases}$. On trouve la surface d'équation $4x^2 + 4xy + z^2 = 0$. C'est un cône du second degré.

Correction de l'exercice 7 ▲

Une équation de $(\mathcal{S})$ est encore $xy + yz + zx - \lambda x - \lambda y - \lambda z + \lambda = 0$.

La matrice de la forme quadratique $Q : (x, y, z) \mapsto xy + yz + zx$ dans la base (i, j, k) est $A = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ est les valeurs propres de cette matrice sont $-\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$ et 1. Le rang de Q est 3 et sa signature est $(1, 2)$. La surface $(\mathcal{S})$ est à priori soit un hyperboloïde, soit un cône du second degré. Donc $(\mathcal{S})$ est un cône du second degré si et seulement si son (unique) centre de symétrie qui est aussi l'unique point critique de la fonction $f : (x, y, z) \mapsto x(\lambda - y) + y(\lambda - z) + z(\lambda - x) - \lambda$ appartient à $(\mathcal{S})$.

Point critique.

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial x}(x, y, z) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y, z) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial z}(x, y, z) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y + z = \lambda \\ z + x = \lambda \\ x + y = \lambda \end{cases} \Leftrightarrow x = y = z = \frac{\lambda}{2}.$$

On note alors Ω le point de coordonnées $\left(\frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{2}\right)$.

$(\mathcal{S})$ est un cône $\Leftrightarrow \Omega \in (\mathcal{S}) \Leftrightarrow \frac{3\lambda^2}{4} - \lambda = 0 \Leftrightarrow \lambda \in \left\{0, \frac{4}{3}\right\}$.

Si $\lambda = 0$, $(\mathcal{S})$ admet pour équation $xy + yz + zx = 0$. Dans le repère (O, X, Y, Z) où $X = /dfrac1\sqrt{2}(x - y)$, $Y = \frac{1}{\sqrt{6}}(x + y - 2z)$ et $Z = \frac{1}{\sqrt{3}}(x + y + z)$, $(\mathcal{S})$ admet pour équation cartésienne $-\frac{1}{2}X^2 - \frac{1}{2}Y^2 + \frac{1}{2}Z^2 = 0$ ou encore $(\mathcal{S})$ est le cône de révolution de sommet O et de section droite le cercle d'équations $\begin{cases} Z = 1 \\ X^2 + Y^2 + Z^2 = 3 \end{cases}$ dans (O, X, Y, Z) ou encore $\begin{cases} x + y + z = \sqrt{3} \\ x^2 + y^2 + z^2 = 3 \end{cases}$ dans (O, x, y, z).

Puisque $(\mathcal{S})$ est un cône de révolution de sommet O et d'axe la droite d'équations $x = y = z$, il est plus interessant de fournir le demi angle au sommet θ. Le point $A(1, 1, 1)$ est sur l'axe et le point $M(2, 2 - 1)$ est sur le cône. Donc $\theta = \arccos\left(\frac{\left|\overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OM}\right|}{OA \times OM}\right) = \arccos\left(\frac{3}{3\sqrt{3}}\right) = \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$.

Si $\lambda = \frac{4}{3}$, $(\mathcal{S})$ admet pour équation $xy + yz + zx - \frac{4}{3}(x + y + z) + \frac{4}{3} = 0$ dans (O, i, j, k) ou encore $XY + XZ + YZ = 0$ dans (Ω, i, j, k) ce qui ramène au cas précédent.

Correction de l'exercice 8 ▲

Pour tout réel t, $(x(t))^2 + (y(t))^2 = \frac{1}{4}e^{2t}((\cos t - \sin t)^2 + (\cos t + \sin t)^2) = \frac{1}{2}e^{2t} = \frac{1}{2}(z(t))^2$ et le support de l'arc considéré est contenu dans le cône de révolution d'équation $z^2 = 2(x^2 + y^2)$.

Correction de l'exercice 9 ▲

1.

$$M(x,y,z)\in(C)\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists m\in(C)/\ M=m+\lambda\overrightarrow{u}\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists t\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}x=a\cos t+\lambda\\ y=b\sin t\\ z=a\cos t\sin t+\lambda\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists t\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}\lambda=x-a\cos t\\ y=b\sin t\\ z=a\cos t\sin t+x-a\cos t\end{array}\right.\Leftrightarrow\exists t\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}y=b\sin t\\ z=a\cos t\sin t+x-a\cos t\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\exists t\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}y=b\sin t\\ z-x=a\cos t(\sin t-1)\end{array}\right.\Leftrightarrow\exists t\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}y=b\sin t\\ b(z-x)=a\cos t(y-b)\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow b^4(z-x)^2+y^2a^2(y-b)^2=a^2b^2(y-b)^2.$$

En effet,

$\Rightarrow$ / s'il existe $t\in\mathbb{R}$ tel que $y=b\sin t$ et $b(z-x)=a\cos t(y-b)$ alors

$$\begin{aligned}b^4(z-x)^2+y^2a^2(y-b)^2&=b^2a^2\cos^2t(y-b)^2+b^2\sin^2ta^2(y-b)^2=a^2b^2(y-b)^2(\cos^2t+\sin^2t)\\&=a^2b^2(y-b)^2.\end{aligned}$$

$\Leftarrow$ / Réciproquement, si $b^4(z-x)^2+y^2a^2(y-b)^2=a^2b^2(y-b)^2$ alors $b^4(z-x)^2=a^2(y-b)^2(b^2-y^2)$ et donc

ou bien $y=b$, ou bien $b^2-y^2\geqslant 0$. Par suite, il existe un réel t tel que $y=b\sin t=b\sin(\pi-t)$ puis

$$\begin{aligned}b^4(z-x)^2=a^2(y-b)^2(b^2-y^2)\Rightarrow b^4(z-x)^2&=a^2(b\sin t-b)^2b^2\cos^2t\Rightarrow b(z-x)=\pm a\cos t(b\sin t-b)\\&\Rightarrow b(z-x)=a\cos t(y-b)\text{ ou }b(z-x)=a\cos(\pi-t)(y-b)\end{aligned}$$

et il existe un réel t' tel que $y=b\sin t'$ et $b(z-x)=a\cos t'(y-b)$.

2.

$$M(x,y,z)\in(C)\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists m\in(C)/\ M=m+\lambda\overrightarrow{u}\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists(X,Y,Z)\in\mathbb{R}^3/\left\{\begin{array}{l}x=X\\ y=Y+\lambda\\ z=Z+\lambda\\ Y+Z=1\\ X^2+Y^2=1\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \left\{\begin{array}{l}(y-\lambda)+(z-\lambda)=1\\ x^2+(y-\lambda)^2=1\end{array}\right.\Leftrightarrow x^2+\left(y-\frac{1}{2}(y+z-1)\right)^2=1$$

$$\Leftrightarrow 4x^2+(y-z+1)^2=4.$$

Correction de l'exercice 10 ▲

La direction du cylindre est orthogonale au plan d'équation $z=x$ et est donc engendrée par le vecteur $\overrightarrow{u}(1,0,-1)$.

$$M(x,y,z)\in(C)\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists m\in(C)/\ M=m+\lambda\overrightarrow{u}\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R},\ \exists(X,Y,Z)\in\mathbb{R}^3/\left\{\begin{array}{l}x=X-\lambda\\ y=Y\\ z=Z+\lambda\\ Z=X\\ 2X^2+Y^2=1\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow\exists\lambda\in\mathbb{R}/\left\{\begin{array}{l}z-\lambda=x+\lambda\\ 2(x+\lambda)^2+y^2=1\end{array}\right.$$

$$\Leftrightarrow 2\left(x+\frac{1}{2}(z-x)\right)^2+y^2=1\Leftrightarrow(x+z)^2+2y^2=2.$$

Correction de l'exercice 11 ▲

Un repère de $(\mathcal{D})$ est $\left(A, \overrightarrow{u}\right)$ où $A(2,1,0)$ et $\overrightarrow{u}(1,1,1)$.

$$\begin{aligned} M \in (C) &\Leftrightarrow d(M,(\mathcal{D})) = R \Leftrightarrow \|\overrightarrow{AM} \wedge \overrightarrow{u}\|^2 = R^2\|\overrightarrow{u}\|^2 \Leftrightarrow \|(x-2, y-1, z) \wedge (1,1,1)\|^2 = R^2\|(1,1,1)\|^2 \\ &\Leftrightarrow (y-z-1)^2 + (x-z-2)^2 + (x-y-1)^2 = 3R^2 \\ &\Leftrightarrow 3x^2 + 3y^2 + 3z^2 - 2xy - 2xz - 2yz - 6x + 6z + 6 - 3R^2 = 0. \end{aligned}$$

La droite (Oz) est tangente à (C) si et seulement si $d((Oz),(\mathcal{D})) = R$.

$$(Oz) \text{ est tangente à } (C) \Leftrightarrow \frac{\left[\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{k}, \overrightarrow{u}\right]^2}{\left\|\overrightarrow{k} \wedge \overrightarrow{u}\right\|^2} = R^2 \Leftrightarrow \begin{vmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}^2 = \|(-1,1,0\|^2 \Leftrightarrow 1 = 2R^2 \Leftrightarrow R = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Correction de l'exercice 12 ▲

En un point $M_0(x_0, y_0, z_0)$ de l'ellipsoïde la règle de dédoublement des termes fournit une équation du plan tangent : $xx_0 + 2yy_0 + 3zz_0 = 21$.
Ce plan est parallèle au plan d'équation $x + 4y + 6z = 0$ si et seulement si le vecteur $(x_0, 2y_0, 3z_0)$ est colinéaire au vecteur $(1,4,6)$ ou encore si et seulement si $2x_0 = y_0 = z_0$.
Enfin le point $(x_0, 2x_0, 2x_0)$ est sur l'ellipsoïde si et seulement si $x_0^2 + 8x_0^2 + 12x_0^2 = 21$ ce qui équivaut à $x_0^2 = 1$.
Les plans cherchés sont les deux plans d'équations respectives $x + 4y + 6z = 21$ et $x + 4y + 6z = -21$.

Correction de l'exercice 13 ▲

Le plan tangent (P_0) en (x_0, y_0, z_0) tel que $x_0 - 8y_0z_0 = 0$ admet pour équation $(x + x_0) - 8(z_0y + y_0z) = 0$ ou encore $x - 8z_0y - 8y_0z + 8y_0z_0 = 0$.
Un repère de $(\mathcal{D})$ est $\left(A, \overrightarrow{u}\right)$ où $A(-2,1,0)$ et $\overrightarrow{u}(4,0,-1)$.

$$\begin{aligned} (\mathcal{D}) \subset (P_0) &\Leftrightarrow \forall \lambda \in \mathbb{R},\ (-2+4\lambda) - 8z_0 + 8y_0\lambda + 8y_0z_0 = 0 \Leftrightarrow \forall \lambda \in \mathbb{R},\ (8y_0+4)\lambda + 8y_0z_0 - 8z_0 - 2 = 0 \\ &\Leftrightarrow 8y_0 + 4 = 0 \text{ et } 8y_0z_0 - 8z_0 - 2 = 0 \Leftrightarrow y_0 = -\frac{1}{2} \text{ et } z_0 = -\frac{1}{6}. \end{aligned}$$

On trouve un et un seul plan tangent contenant la droite $(\mathcal{D})$, à savoir le plan tangent à $(\mathcal{S})$ en $\left(\frac{2}{3}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{6}\right)$ d'équation $3x + 4y + 12z + 2 = 0$.

Correction de l'exercice 14 ▲

1. Un repère de $(\mathcal{D})$ est $\left(A, \overrightarrow{u}\right)$ où $A(0,-1,2)$ et $\overrightarrow{u}(3,3,1)$.

$$\begin{aligned} M(x,y,z) \in (C) &\Leftrightarrow d(M,(\mathcal{D})) = 3 \Leftrightarrow \left\|\overrightarrow{AM} \wedge \overrightarrow{u}\right\|^2 = 9\|\overrightarrow{u}\|^2 \\ &\Leftrightarrow \|(x, y+1, z-2) \wedge (3,3,1)\|^2 = 9 \times 19 \Leftrightarrow (y - 3z + 7)^2 + (x - 3z + 6)^2 + 9(x - y - 1)^2 = 171. \end{aligned}$$

2. Un repère de $(\mathcal{D})$ est $\left(A, \overrightarrow{u}\right)$ où $A(0,-1,2)$ et $\overrightarrow{u}(3,3,1)$. De plus, $S = A$.

$$M(x,y,z) \in (C) \Leftrightarrow M = A \text{ ou } M \neq A \text{ et } \frac{\left|\overrightarrow{AM}.\overrightarrow{u}\right|}{AM \times \|\overrightarrow{u}\|} = \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) \Leftrightarrow \left(\overrightarrow{AM}.\overrightarrow{u}\right)^2 = \frac{1}{4}AM^2\|\overrightarrow{u}\|^2$$

$$\Leftrightarrow 4(3x + 3(y+1) + (z-2))^2 = 19(x^2 + (y+1)^2 + (z-2)^2)$$

$$\Leftrightarrow 4(3x + 3y + z + 1)^2 - 19(x^2 + (y+1)^2 + (z-2)^2) = 0$$

$$\Leftrightarrow 17x^2 + 17y^2 - 15z^2 + 72xy + 24xz + 24yz + 24x - 14y + 84z - 91 = 0.$$