EXERCICE II : LES DRONES GRAND PUBLIC (11 POINTS)

1.1. Transmission d'informations avec le protocole standard IEEE 802.11g

1.1.a.

émetteur	canal de transmission	type de transmission	nature du signal transmis	récepteur
drone	air	libre	onde électromagnétique	Téléphone portable

1.1.b. L'atténuation est définie par $A = 40 + 20\log(d)$

$A = 40 + 20\log(10) =$ **60 dB**

1.1.c. Par ailleurs l'atténuation est définie par $A = 10\log(\frac{P_e}{P_r})$

$$\frac{A}{10} = \log(\frac{P_e}{P_r})$$

$\frac{P_e}{P_r} = 10^{A/10}$ ou $\frac{P_r}{P_e} = 10^{-A/10}$, soit finalement $\boxed{P_r = P_e.\ 10^{-A/10}}$

Le tableau des caractéristiques du standard IEEE 802.11g indique une puissance maximale d'émission égale à 100 mW et on a établi précédemment que $A = 60$ dB.

Ainsi $P_r = 100\times10^{-60/10}$ = **$1{,}0\times10^{-4}$ mW**

1.1.d. Chaque image nécessite N bits : $N = 1280 \times 720 \times 24$.

Pour 30 images par seconde, il faut un débit $D = 30.N$.

$D = 1280 \times 720 \times 24 \times 30 = 6{,}64\times10^8$ bits

Comme 1Mbits = 10^6 bits, alors $D = 6{,}64\times10^8 / 10^6$ = **664 Mbits/s**.

Ce débit étant largement supérieur au débit maximal théorique de 54 Mbits/s, il n'est pas possible de visualiser la vidéo en direct.

1.2. Les problèmes de transmission en WiFi

1.2.a. Lorsque le drone s'éloigne la fréquence reçue est inférieure à la fréquence émise par le drone. (Remarque : Penser à l'ambulance dont le son de la sirène est plus grave lors de son éloignement)

On utilise la formule fournie : $f_R - f_E = -\frac{v}{c}.f_E$, ainsi $f_R = f_E - \frac{v}{c}.f_E$

$$f_R = 2{,}4 - \frac{3}{3{,}0.10^8}\times 2{,}4 = 2{,}4 \text{ GHz}$$

La variation relative de fréquence est $\frac{|f_R - f_E|}{f_E} = \frac{\left|f_E - \frac{v}{c}.f_E - f_E\right|}{f_E} = \frac{v}{c}$

Elle vaut $\frac{3}{3{,}0.10^8} = 1.10^{-8}$, soit une variation extrêmement faible.

1.2.b. $\lambda = \frac{c}{v}$

$\lambda = \frac{3{,}0\times10^8}{2{,}4\times10^9}$ = **0,13 m**

1.2.c. Le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que le rapport entre la longueur d'onde λ et les dimensions d'un obstacle (ou d'une ouverture) « a » est important.

Si on considère que le tronc d'arbre a un diamètre de l'ordre de 10 cm, **alors la diffraction se produit** de façon sensible.

1.2.d. Les interférences sont destructives lorsque la différence de marche (« de chemins ») vaut $\boxed{\delta = (2k+1).\frac{\lambda}{2}}$ où k est un entier relatif.

Dans ce cas la puissance reçue est fortement réduite là où les interférences sont destructives (et augmentée là où les interférences sont constructives).

1.2.e. Par définition, les interférences sont destructives si le retard entre les ondes ayant parcouru des chemins différents vaut : $\Delta t = (2k+1).\frac{T}{2}$.

Si k = 0, $\Delta t = \frac{T}{2}$ on retient donc cette proposition.

Cherchons si Δt peut être égal à T comme proposé : $(2k+1).\frac{T}{2} = T$ alors $(2k+1).\frac{1}{2} = 0$, donc $k = -\frac{1}{2}$; k n'est pas entier, on élimine cette proposition.

De même, on teste $(2k+1).\frac{T}{2} = k.T$

$k + \frac{1}{2} = k$ cela conduit à $\frac{1}{2} = 0$, on ne retient pas cette proposition.

On teste $(2k+1).\frac{T}{2} = k.T + \frac{T}{2}$

$k + \frac{1}{2} = k + \frac{1}{2}$ égalité vérifiée, on retient cette formule.

Enfin on teste $(2k+1).\frac{T}{2} = k.\frac{T}{2}$

2k+1 = k alors k = –1, comme il est précisé que k est un entier naturel on ne retient pas cette formule.

Bilan : $T/2$, $\cancel{T}$, $\cancel{k.T}$, $k.T+T/2$, $\cancel{k.T/2}$

<u>Autre méthode plus rapide :</u>

On reprend la formule précédente, en utilisant le fait que $\lambda = c.T$.

On obtient $\delta = (2k+1).\frac{c.T}{2} = k.c.T + \frac{c.T}{2}$.

De plus $\Delta t = \tau_1 - \tau_2 = \frac{d_1}{c} - \frac{d_2}{c} = \frac{1}{c}.(d_1 - d_2) = \frac{\delta}{c}$

ainsi $\Delta t = \frac{k.c.T}{c} + \frac{\frac{c.T}{2}}{c} = k.T + \frac{T}{2}$ où k est un entier naturel

Si k = 0 alors $\Delta t = \frac{T}{2}$.

On retient donc deux expressions parmi celles proposées : $k.T + \frac{T}{2}$ et $\frac{T}{2}$.

Partie 2 : Étude dynamique du vol d'un drone

2.1. Estimation de la valeur de la force de poussée

2.1.a. La courbe 2 montre que a_z = 2,0 m.s^{-2} = Cte.

Comme $a_z(t) = \dfrac{dv_z(t)}{dt}$, alors $v_z(t)$ est une primitive de $a_z(t)$.

$v_z(t) = a_z.t$

$v_z(t) = 2{,}0.t + C_1$ où C_1 est une constante qui dépend des conditions initiales.

À la date t = 0, la vitesse initiale du drone est nulle donc $C_1 = 0$.

On obtient $\boldsymbol{v_z(t) = 2{,}0.t}$.

On peut aussi utiliser la courbe 1, dont la modélisation indique $z(t) = 1{,}0.t^2$.

Comme $v_z(t) = \dfrac{dz(t)}{dt}$, on obtient également $v_z(t) = 2{,}0.t$.

2.1.b. La deuxième loi de Newton, appliquée au système {drone} de masse m constante, dans le référentiel terrestre donne $\vec{P} + \vec{F} = m.\vec{a}$

Par projection suivant l'axe vertical Oz orienté vers le haut : $P_Z + F_Z = m.a_z$

$$- P + F = m.a_z$$

Comme $a_z > 0$ alors $– P + F > 0$, soit $F > P$.

2.1.c. On reprend $– P + F = m.a_z$

$$F = m.a_z + P = m.a_z + m.g = m.(a_z+g)$$

$$F = 0{,}110\times(2{,}0 + 9{,}8) = \mathbf{1{,}3\ N}$$

2.1.d. Le décollage n'est plus possible si la force poids est supérieure à la force de poussée dont on considère que la valeur reste inchangée.

$P > F$

$(m+m_W).g > F$

$m.g + m_W.g > F$

$m_W.g > F – m.g$

$m_W > \dfrac{F}{g} - m$

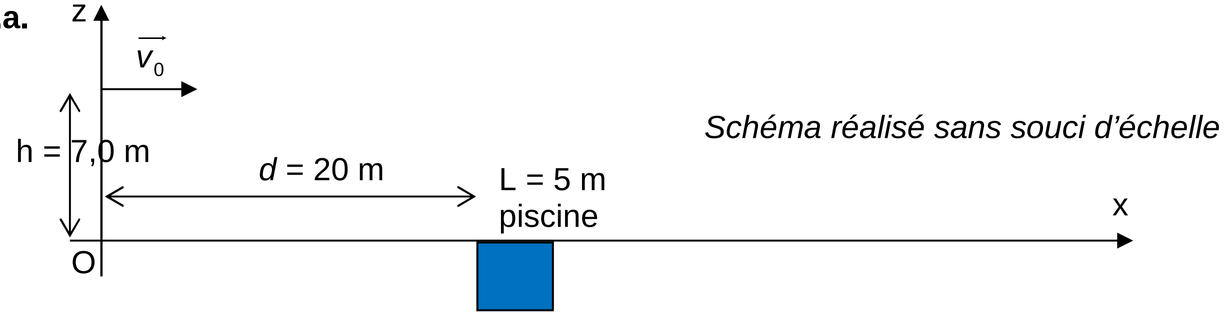
$m_W > \dfrac{1{,}298}{9{,}8} - 0{,}110$

$m_W > 0{,}13 – 0{,}110$

Si m_W > 0,02 kg alors le décollage n'est plus possible.

2.2. Conséquence d'une perte de communication sur le vol du drone

2.2.a.



2.2.b. La deuxième loi de Newton, appliquée au système {drone} de masse *m* constante, dans le référentiel terrestre donne $\vec{P} = m.\vec{a}$

$$m.\vec{g} = m.\vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

Ainsi $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$ comme $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ alors $\vec{v}\begin{cases} v_x = C_1 \\ v_z = -g.t + C_2 \end{cases}$ où C_1 et C_2 sont des constantes qui dépendent des conditions initiales.

À la date t = 0 s, le vecteur vitesse a pour coordonnées $\vec{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0z} = 0 \end{cases}$ donc $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

Alors $\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_z = -g.t \end{cases}$.

Soit G le centre d'inertie du drone, le vecteur position $\overrightarrow{OG}$ est tel que $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$.

$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0.t + C_3 \\ z = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + C_4 \end{cases}$ où C_3 et C_4 sont des constantes qui dépendent des conditions initiales.

À la date $t = 0$, le drone est situé en un point d'abscisse $x_0 = 0$ donc $C_3 = 0$, et d'ordonnée $z_0 = h$ donc $C_4 = h$.

On retrouve les équations horaires du mouvement proposées : $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0.t \\ z = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + h \end{cases}$

2.2.c. Le drone touche le sol à la date t_S lorsque $z = 0$.

On résout l'équation $-\dfrac{1}{2}.g.t_S^2 + h = 0$

$$\frac{1}{2}.g.t_S^2 = h$$

$$t_S^2 = \frac{2h}{g}$$

En ne retenant que la solution positive, on obtient $t_S = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

$t_S = \sqrt{\dfrac{2 \times 7{,}0}{9{,}8}}$ = **1,2 s**.

2.2.d. Déterminons l'abscisse x_S du drone lorsqu'il touche le sol à la date t_S.

$x_S = v_0.t_S$

$x_S = 4{,}0 \times 1{,}2 =$ **4,8 m** Le drone n'est qu'à 4,8 m de l'abscisse où la communication a été rompue, il est encore loin de la piscine située à 20 m de ce point.