Appareil photographique en mode rafale

Bac S 2019 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 50**

1.1 Pour une distance focale donnée, quelle est l'influence du diamètre du diaphragme sur le phénomène de diffraction ?

La diffraction est d'autant plus marquée que l'ouverture est petite devant la longueur d'onde : l'angle de diffraction $\theta = 1{,}22\,\dfrac{\lambda}{d}$ augmente quand d diminue.

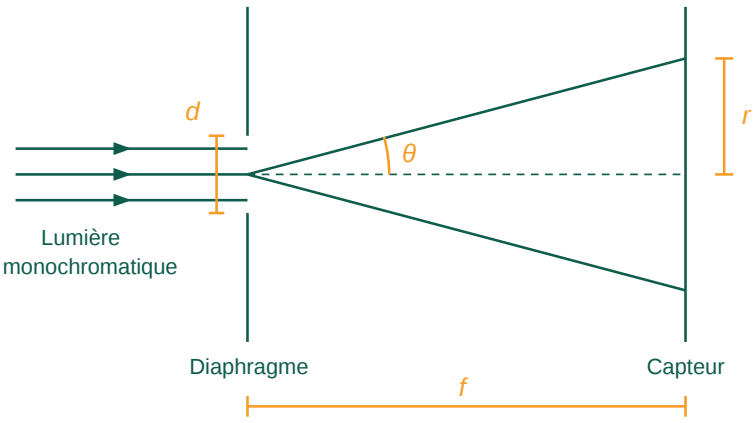
Plus le diamètre d du diaphragme est petit, plus la diffraction est importante ; elle s'atténue quand on ouvre le diaphragme.

1.2.1 Recopier le schéma de la figure 1 et y faire apparaître les longueurs f, d, r et l'angle θ.

Sur le schéma : d est le diamètre de l'ouverture du diaphragme, f la distance entre le diaphragme et le capteur, r le rayon de la tache centrale mesuré sur le capteur à partir de l'axe, θ l'angle entre l'axe et le rayon qui atteint le bord de la tache centrale.

Voir le schéma complété.

PIÈGE
θ est le demi-angle : il se mesure entre l'axe optique et un bord du faisceau diffracté, pas entre les deux bords. De même, r est un rayon, pas la largeur totale de la tache.



1.2.1 · Figure 1 complétée : en orange, ce que l'élève ajoute

1.2.2 Avec l'approximation des petits angles $\tan\theta \approx \theta$, en déduire que $r = 1{,}22\,\dfrac{\lambda f}{d}$.

Dans le triangle rectangle formé par l'axe (longueur f) et le rayon de la tache (longueur r) :

$$\tan\theta = \frac{r}{f} \quad \text{donc, pour un petit angle en radian,} \quad \theta \approx \frac{r}{f}$$

Par ailleurs $\theta = 1{,}22\,\dfrac{\lambda}{d}$. En égalant les deux expressions : $\dfrac{r}{f} = 1{,}22\,\dfrac{\lambda}{d}$

$$r = 1{,}22\,\frac{\lambda f}{d}$$

COMPRENDRE
L'approximation $\tan\theta \approx \theta$ n'est valable que si θ est exprimé en radian. Ici $\theta \approx 5 \times 10^{-5}$ rad : elle est excellente.

1.2.3 Calculer le diamètre d du diaphragme utilisé, puis en déduire le rayon de la tache de diffraction obtenue sur le capteur.

Données utiles $f = 50$ mm ; $N = 4{,}0$; $N = \dfrac{f}{d}$; $\lambda = 560$ nm

$N = \dfrac{f}{d}$ donc $d = \dfrac{f}{N} = \dfrac{50 \times 10^{-3}}{4{,}0} = 1{,}25 \times 10^{-2}$ m, soit $d \approx 1{,}3 \times 10^{-2}$ m $= 1{,}3$ cm.

$$r = 1{,}22\,\frac{\lambda f}{d} = 1{,}22 \times \frac{560 \times 10^{-9} \times 50 \times 10^{-3}}{1{,}25 \times 10^{-2}} = 2{,}7 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$d = 1{,}3$ cm et $r = 2{,}7 \times 10^{-6}$ m $= 2{,}7$ µm

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme f et N. On garde la valeur non arrondie de d pour calculer r : avec $1{,}3 \times 10^{-2}$ m, on trouverait 2,6 µm.

MÉTHODE
Comme $\dfrac{f}{d} = N$, on a directement $r = 1{,}22\,\lambda N$: la tache ne dépend que du nombre d'ouverture, pas de la focale seule.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{50 \times 10^{-3}}{4.0}$ ≈ 0.0125

$\dfrac{1.22 \times 560 \times 10^{-9} \times 50 \times 10^{-3}}{0.0125}$ ≈ 2.7328×10^{-6}

1.2.4 La largeur d'un pixel est de 4,3 µm. Comparer la taille des pixels à la dimension de la tache de diffraction dans les conditions de réglage précédentes, puis conclure.

Données utiles $r = 2{,}73$ µm (1.2.3) ; deux objets ponctuels sont distingués si leurs images sont sur des pixels différents

Diamètre de la tache centrale : $2r = 2 \times 2{,}73 = 5{,}5$ µm, alors qu'un pixel mesure 4,3 µm de large.

L'image d'un point n'est donc pas un point : c'est une tache qui déborde sur les pixels voisins. Les taches de deux points dont les images devraient tomber sur deux pixels adjacents se recouvrent en partie.

$2r = 5{,}5$ µm $> 4{,}3$ µm : avec ce réglage, c'est la diffraction, et non la taille des pixels, qui limite la finesse des détails ; deux points très proches ne sont pas correctement distingués.

PIÈGE
Comparer le rayon r (2,7 µm) au pixel conduit à la conclusion inverse. C'est la largeur totale de la tache, donc son diamètre, qui se compare à la largeur du pixel.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

2×2.7328 ≈ 5.4656

2.1 Quel est le nombre de pixels contenus dans une image ?

Données utiles taille d'image maximale : 8256×5504 pixels

$n = 8256 \times 5504 = 45\,441\,024$ pixels

$n \approx 4{,}544 \times 10^7$ pixels, soit environ 45 millions de pixels.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

8256×5504 45 441 024

2.2 En déduire la taille de l'image en bit au format RAW, puis sa nouvelle taille en bit après conversion au format JPEG.

Données utiles $n = 45\,441\,024$ pixels (2.1) ; RAW : 14 bits par pixel ; JPEG : 8 bits par pixel

Taille = nombre de pixels $\times$ nombre de bits par pixel.

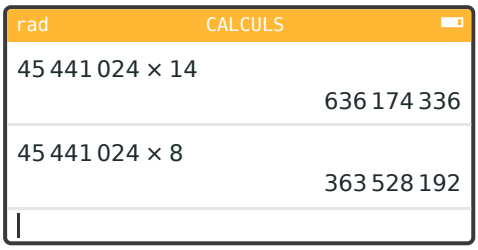
RAW : $45\,441\,024 \times 14 = 6{,}362 \times 10^8$ bits

JPEG : $45\,441\,024 \times 8 = 3{,}635 \times 10^8$ bits

RAW : $6{,}362 \times 10^8$ bits ; JPEG : $3{,}635 \times 10^8$ bits

COMPRENDRE
La valeur RAW est bien « de l'ordre de $6{,}4 \times 10^8$ bits », comme l'annonce la question 2.4. Le sujet ne tient pas compte de la compression du JPEG, qui réduit encore la taille réelle du fichier.

À LA CALCULATRICE



2.3 Déterminer la valeur de la durée qui sépare deux prises de vue.

Données utiles cadence en mode rafale : jusqu'à 9 vues par seconde

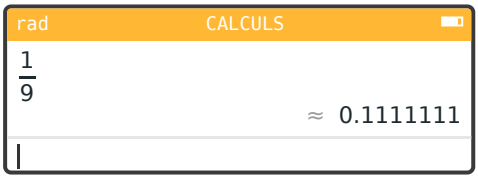
La cadence est une fréquence : $f_{\text{vues}} = 9\ \text{s}^{-1}$. La durée entre deux vues consécutives est la période correspondante :

$$\Delta t = \frac{1}{f_{\text{vues}}} = \frac{1}{9} = 0{,}11\ \text{s}$$

$\Delta t \approx 0{,}11$ s

COMPRENDRE
Autre lecture possible : 9 vues prises en une seconde exactement délimitent 8 intervalles, soit $\Delta t = \frac{1}{8} = 0{,}125$ s. Les deux valeurs sont voisines et mènent aux mêmes conclusions dans la suite.

À LA CALCULATRICE



2.4 Une image RAW a une taille de l'ordre de $6{,}4 \times 10^8$ bits. Montrer que la vitesse d'écriture sur la carte mémoire n'est pas suffisante pour le mode rafale.

Données utiles vitesse d'écriture : jusqu'à 100 Mo/s ; 1 octet = 8 bits ; $\Delta t = 0{,}11$ s (2.3)

Vitesse d'écriture en bit par seconde : $100\ \text{Mo/s} = 100 \times 10^6 \times 8 = 8{,}0 \times 10^8\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$.

Durée d'écriture d'une image RAW :

$$\Delta t_{\text{écr}} = \frac{6{,}4 \times 10^8}{8{,}0 \times 10^8} = 0{,}80\ \text{s}$$

Or une nouvelle image arrive toutes les $0{,}11$ s.

$\Delta t_{\text{écr}} = 0{,}80\ \text{s} > \Delta t = 0{,}11\ \text{s}$: la carte n'a écrit qu'une image quand l'appareil en a déjà pris sept. La vitesse d'écriture est insuffisante.

PIÈGE
Diviser des bits par des octets par seconde. La taille est en bit, la vitesse en Mo/s : il faut d'abord convertir, avec 1 Mo $= 10^6$ octets et 1 octet $= 8$ bits.

COMPRENDRE
Le débit binaire (nombre de bits transmis ou écrits par seconde) ne figure plus au programme actuel de spécialité ; le calcul reste une simple proportionnalité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.4 \times 10^8}{100 \times 10^6 \times 8} \approx 0.8$$

2.5 Quelle(s) solution(s) est-il possible d'envisager pour rendre exploitable le mode rafale ?

- Stocker provisoirement les images dans la mémoire tampon (29 images environ), la carte les écrivant ensuite à son rythme.
- Réduire la taille des fichiers : enregistrer en JPEG (8 bits par pixel au lieu de 14, puis compression) ou choisir une définition d'image plus faible.
- Diminuer la cadence de prise de vue.

Utiliser la mémoire tampon et alléger les fichiers (format JPEG, compression).

COMPRENDRE
La mémoire tampon ne règle le problème que pour une rafale courte : une fois ses 29 images atteintes, la cadence retombe à celle de l'écriture sur la carte.

3.1 Calculer la valeur de l'atténuation du signal lorsque l'appareil photographique se trouve à 10,0 m de l'ordinateur.

Données utiles $A = 32{,}5 + 20\log F + 20\log D$, avec F en GHz et D en m ; $F = 2{,}4$ GHz ; $D = 10{,}0$ m

$$A = 32{,}5 + 20\log(2{,}4) + 20\log(10{,}0) = 32{,}5 + 7{,}6 + 20{,}0 = 60{,}1 \text{ dB}$$

$A = 60{,}1$ dB ≈ 60 dB

PIÈGE
La formule impose ses unités : F en gigahertz et D en mètre. Convertir la fréquence en hertz donnerait une atténuation absurde. Le logarithme est décimal (touche log).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$32.5 + 20 \times \log(2.4) + 20 \times \log(10.0) \approx 60.10422$$

3.2 En déduire la valeur maximale de la puissance que peut recevoir l'ordinateur lorsqu'il est situé à 10,0 m de l'appareil photographique.

Données utiles $A = 10\log\frac{P_e}{P_r}$; $A = 60{,}1$ dB (3.1) ; puissance d'émission maximale $P_e = 7{,}08$ mW

$A = 10\log\frac{P_e}{P_r}$ donc $\log\frac{P_e}{P_r} = \frac{A}{10}$, soit $\frac{P_e}{P_r} = 10^{A/10}$ et

$$P_r = \frac{P_e}{10^{A/10}} = \frac{7{,}08 \times 10^{-3}}{10^{60{,}1/10}} = 6{,}9 \times 10^{-9} \text{ W}$$

La puissance reçue est maximale lorsque la puissance émise est maximale.

$P_r \approx 6{,}9 \times 10^{-9}$ W, soit environ 7 nW.

COMPRENDRE
Avec A arrondie à 60 dB, on obtient $7{,}08 \times 10^{-9}$ W : même ordre de grandeur. 60 dB signifie que la puissance est divisée par 10^6.

MÉTHODE
Pour isoler une grandeur placée dans un logarithme décimal : diviser par le coefficient, puis utiliser $\log x = a \Leftrightarrow x = 10^a$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{7.08 \times 10^{-3}}{10^{\frac{60.1}{10}}} \approx 6.91884 \times 10^{-9}$$

3.3 Que dire de la valeur de la puissance réellement reçue dans le cas d'une transmission à l'intérieur d'un logement ?

La formule de l'atténuation vaut pour un espace libre, sans obstacle. Dans un logement, les murs, les cloisons et les meubles absorbent ou réfléchissent une partie du signal, et d'autres appareils peuvent créer des interférences : l'atténuation est plus forte.

La puissance réellement reçue est inférieure à la valeur maximale calculée ($6{,}9 \times 10^{-9}$ W).

3.4.1 Calculer la durée nécessaire pour transférer les 20 photographies au format RAW dans la norme IEEE 802.11g, la taille moyenne d'une image étant de l'ordre de $6{,}4 \times 10^8$ bits.

Données utiles 20 images de $6{,}4 \times 10^8$ bits ; débit maximal théorique $D_g = 54\ \text{Mbit/s}$

Quantité de données : $N = 20 \times 6{,}4 \times 10^8 = 1{,}28 \times 10^{10}$ bits.

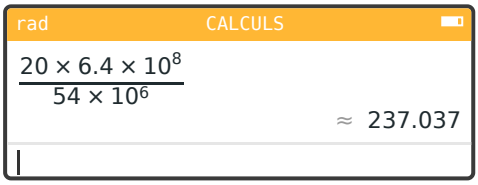
Débit : $D_g = 54\ \text{Mbit/s} = 54 \times 10^6\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\Delta t_g = \frac{N}{D_g} = \frac{1{,}28 \times 10^{10}}{54 \times 10^6} = 2{,}4 \times 10^2\ \text{s}$$

$\Delta t_g \approx 2{,}4 \times 10^2$ s, soit environ 4 min.

COMPRENDRE
C'est une durée minimale : 54 Mbit/s est un débit maximal théorique, rarement atteint en pratique (voir 3.3).

À LA CALCULATRICE



3.4.2 Au début des années 2000, la norme la plus courante avait un débit maximal théorique de 11 Mbit/s. Calculer la durée alors nécessaire pour transférer ces 20 photographies. Commenter.

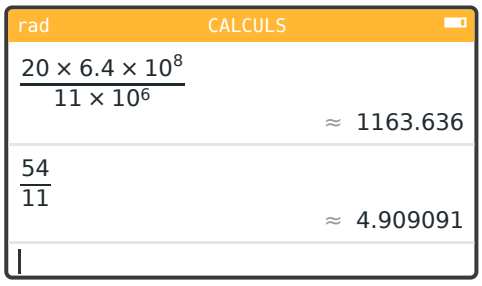
Données utiles $N = 1{,}28 \times 10^{10}$ bits (3.4.1) ; $D_b = 11\ \text{Mbit/s}$; $\Delta t_g = 2{,}4 \times 10^2$ s (3.4.1)

$$\Delta t_b = \frac{N}{D_b} = \frac{1{,}28 \times 10^{10}}{11 \times 10^6} = 1{,}2 \times 10^3\ \text{s}$$

soit environ 19 min. Rapport des durées : $\dfrac{\Delta t_b}{\Delta t_g} = \dfrac{54}{11} \approx 4{,}9$.

$\Delta t_b \approx 1{,}2 \times 10^3$ s (19 min) : le transfert était environ 5 fois plus long qu'avec la norme 802.11g ; l'évolution des normes a nettement raccourci les transferts.

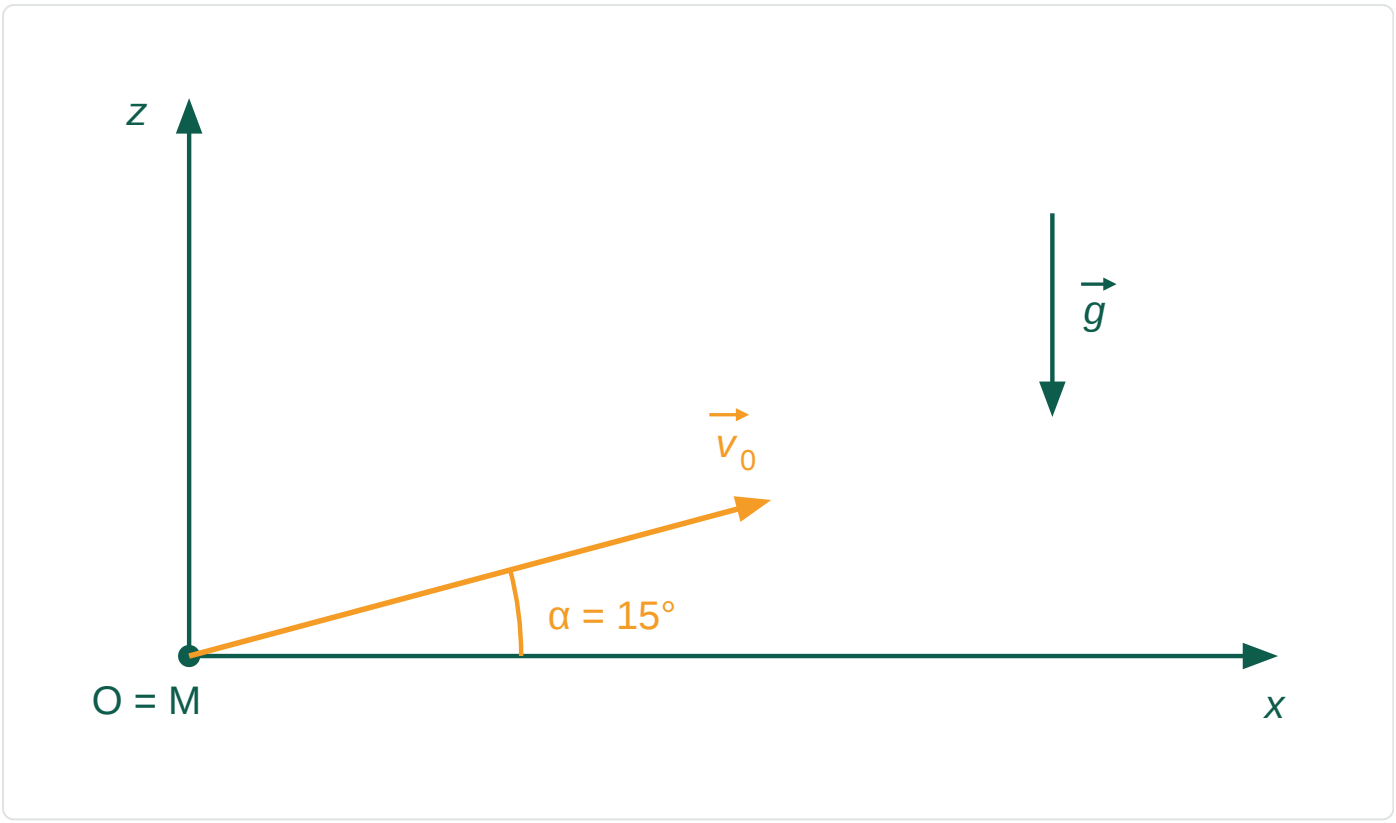
À LA CALCULATRICE



4.1 Schématiser la situation à l'instant initial en faisant apparaître les grandeurs physiques pertinentes.

Sur le schéma : le repère (xOz) avec (Ox) horizontal et (Oz) vertical vers le haut ; le point M en O à $t = 0$; le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$, incliné de $\alpha = 15^\circ$ au-dessus de l'horizontale ; le champ de pesanteur $\vec{g}$, vertical vers le bas.

Voir le schéma.



4.1 · Situation à l'instant initial

4.2 En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les composantes du vecteur accélération du skateur.

Système : le skateur, point matériel M de masse m constante.
Référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des forces : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ seul (frottements négligés).

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical, vers le bas, alors que (Oz) est orienté vers le haut. En projetant :

$a_x = 0$ et $a_z = -g$

PIÈGE
Oublier le signe : l'axe (Oz) est ascendant, donc $a_z = -g$ avec $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ positif. Le système, le référentiel et le bilan des forces font partie de la réponse.

COMPRENDRE
L'ancien programme écrivait la deuxième loi $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \dfrac{\text{d}\vec{p}}{\text{d}t}$; à masse constante, elle se ramène à $m\,\vec{a}$, seule forme au programme actuel.

4.3 Montrer, en détaillant chaque étape, que les équations horaires du point M s'écrivent $x(t) = v_0 \cos\alpha\, t$ et $z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + v_0 \sin\alpha\, t$.

Vitesse. Comme $\vec{a} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de $a_x = 0$ et $a_z = -g$:

$$v_x(t) = C_1 \qquad v_z(t) = -g\, t + C_2$$

À $t = 0$, $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$ de coordonnées $v_0 \cos\alpha$ et $v_0 \sin\alpha$, donc $C_1 = v_0 \cos\alpha$ et $C_2 = v_0 \sin\alpha$:

$$v_x(t) = v_0 \cos\alpha \qquad v_z(t) = -g\, t + v_0 \sin\alpha$$

Position. Comme $\vec{v} = \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t}$, on cherche de nouveau les primitives :

$$x(t) = v_0 \cos\alpha\, t + C_3 \qquad z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + v_0 \sin\alpha\, t + C_4$$

À $t = 0$, M est en O : $x(0) = 0$ et $z(0) = 0$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = 0$.

$$\boxed{x(t) = v_0 \cos\alpha\, t \text{ et } z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + v_0 \sin\alpha\, t}$$

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : accélération, primitive, constante fixée par la vitesse initiale ; puis vitesse, primitive, constante fixée par la position initiale. Chaque constante doit être justifiée par une condition initiale.

4.4 Déterminer la valeur de l'instant t_1 auquel le skateur atteint sa hauteur maximale et celle de l'instant t_2 où il retombe au sol.

Données utiles $v_0 = 20\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$; $\alpha = 15^\circ$; $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Conversion : $v_0 = \frac{20}{3{,}6} = 5{,}56\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Sommet. Au point le plus haut, la vitesse est horizontale : $v_z(t_1) = 0$, soit $-g\, t_1 + v_0 \sin\alpha = 0$.

$$t_1 = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{5{,}56 \times \sin(15^\circ)}{9{,}81} = 0{,}15\ \mathrm{s}$$

Retour au sol. $z(t_2) = 0$ avec $t_2 \neq 0$: $t_2 \left(-\frac{1}{2} g\, t_2 + v_0 \sin\alpha\right) = 0$, donc

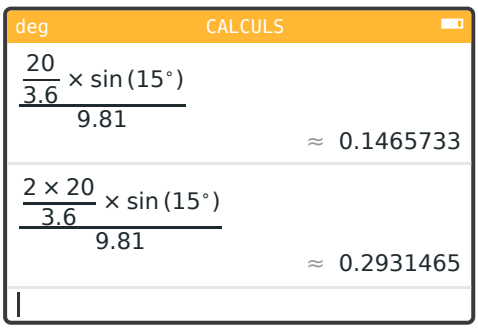
$$t_2 = \frac{2\, v_0 \sin\alpha}{g} = 2\, t_1 = 0{,}29\ \mathrm{s}$$

$$\boxed{t_1 = 0{,}15\ \mathrm{s} \text{ et } t_2 = 0{,}29\ \mathrm{s}}$$

PIÈGE
Laisser v_0 en km/h, ou la calculatrice en radian. Doubler la valeur arrondie de t_1 donne 0,30 s : il faut doubler la valeur non arrondie.

COMPRENDRE
$t_2 = 2\, t_1$: la parabole est symétrique par rapport à la verticale passant par le sommet, la montée dure autant que la descente. Le sol est ici supposé à l'altitude du point O.

À LA CALCULATRICE



4.5 Déterminer le nombre de photographies obtenues entre le début du saut et l'arrivée du skateur sur le sol. Commenter.

Données utiles cadence : 9 vues par seconde, rafale déclenchée à $t = 0$; $t_2 = 0{,}29$ s (4.4)

Pendant la durée du saut, l'appareil réalise $9 \times 0{,}29 = 2{,}6$ intervalles entre vues, soit 2 intervalles complets.

Les clichés sont pris à $t = 0$; $0{,}11$ s ; $0{,}22$ s. Le suivant ($0{,}33$ s) arrive après le retour au sol.

3 photographies en comptant celle du déclenchement, soit 2 seulement après le départ. C'est trop peu pour décomposer le saut comme sur la série de six clichés de l'introduction : il faudrait une cadence environ deux fois plus élevée, ou un saut plus long.

COMPRENDRE

Six clichés sur la durée du saut représentent 5 intervalles en 0,29 s, soit environ 17 vues par seconde. Selon que l'on compte ou non le cliché pris à $t = 0$, on annonce 3 ou 2 photographies : préciser son choix.

À LA CALCULATRICE

