PHOTOMETRIE

1 $\phi_\ell = e.P = \underline{6000}$ **lm**

2 $I_\ell = \dfrac{\phi}{\Omega} \simeq \underline{4.10^{-6}\ cd}$

3 1) $V(\lambda) \simeq 0,3$ $\quad e_\lambda = 683.V \simeq \underline{205\ lm.W^{-1}}$ (pour l'oeil)

2) $\phi_\ell = e.\phi_e \simeq \underline{0,205\ lm}$

3) $I_\ell = \dfrac{\phi_\ell}{\Omega} \simeq \underline{4\ 100\ cd}$

$\dfrac{I_\ell}{I_e} = e \qquad I_e = \dfrac{I_\ell}{e} \simeq \underline{20\ W.sr^{-1}}$

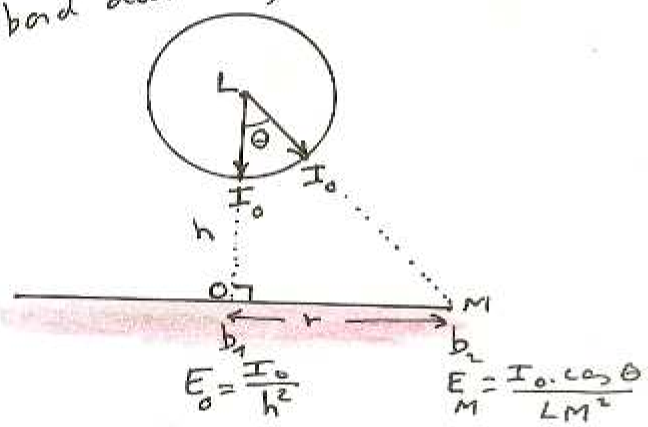
4) pour la source $\quad \eta = \dfrac{\phi_e}{P} \quad \eta = 10^{-3}$

$k = \dfrac{\phi_\ell}{P} \quad k = 0,205\ lm.W^{-1}$) vérification : $\dfrac{k}{\eta} = e_\lambda$

4 1) $\Omega = 4\pi\ sr$

a- $I_0 = \dfrac{\phi_1}{\Omega} \simeq \underline{119,4\ cd}$ $\longrightarrow \simeq 119,4\ cd$

b- source $\underline{\text{isotrope}}$ I(bord du table)



2) $\phi_2 = 4\pi.I_0$

a- $\phi_2 \simeq \underline{1633,6\ lm}$

b- Eclairement :

$$E = \frac{I.\cos\theta}{R^2}$$

b_1- $E_0 \simeq \underline{57,8\ lx}$

b_2- $E_M = \dfrac{I_0.\cos\theta}{LM^2}$

$$\left\{\begin{array}{l} LM^2 = h^2 + r^2 \\ \cos\theta = \dfrac{h}{LM} = \dfrac{h}{\sqrt{h^2+r^2}} = \dfrac{h}{(h^2+r^2)^{1/2}} \end{array}\right.$$

• $E_M = \dfrac{I_0 . \dfrac{h}{(h^2+r^2)^{1/2}}}{(h^2+r^2)} = \dfrac{I_0 . h}{(h^2+r^2)^{3/2}} = E_M$

$\left(LM = \dfrac{h}{\cos\theta}\right)$

• $E_M = \dfrac{I_0.\cos\theta}{\left(\dfrac{h^2}{\cos\theta}\right)} = \dfrac{I_0.\cos^3\theta}{h^2} = E_M$

• $E_M = E_0.\cos^3\theta = E_M$

$E_M \simeq \underline{39,7\ lx}$

5 zénith

$E_\ell = \dfrac{\phi_\ell}{S} \simeq \underline{116\ 000\ lx}$

6

P électrique (100W)

lampe

Φ énergétique (5W)

Φ lumineux (1500lm)

1) a- $\eta_{source} = \frac{\Phi e}{P} = 0{,}05$ (5%)

b- $k_{source} = \frac{\Phi e}{P} = 15\ lm.W^{-1}$

2)

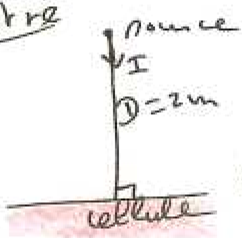
lampe à incandescence	lampe halogène
$\simeq 13\ lm.W^{-1}$ $= 13{,}9$ $\simeq 14{,}7$	$= 21\ lm.W^{-1}$ $= 21$ $= 21$

k plus important

3) source isotrope ($\Omega = 4\pi\ sr$)

$I = \frac{\Phi}{\Omega}$ $\quad I \simeq 119{,}4\ cd$

4) luxmètre

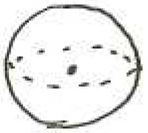
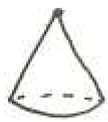
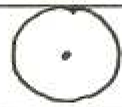
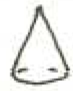


$E = \frac{I}{D^2} \simeq 29{,}8\ lx$

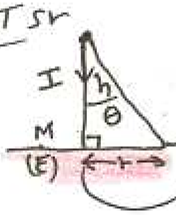
5) $\phi = E.S$

$\phi \simeq 0{,}03\ lm$

7

Φ (lm)	22 619	7,96.10³	750
Ω (sr)	4π	2π	0,5
Dessin de l'angle solide			
Surface indicatrice d'émission			
h (m)	5	10	3,9
I_{SO} (cd)	1800	1267	1500
E_O (lx)	72	12,7	100
r (m)	2,5	10	3
I_{SM_1} (cd)	1800	1267	1500
E_{M_1} (lx)	51,5	4,5	50
θ (°)	45	10	62,3
I_{SM_2} (cd)	1800	1267	1500
E_{M_2} (lx)	25,5	12,1	10

8 $\Omega = 4\pi\ sr$



1) $E_{min} = 100\ lx$ (au bord) $= E_M$

$E_{max} = E_0 = \frac{E_M}{\cos^3\theta} \simeq 139{,}8\ lx$ $\quad \left(\cos\theta = \frac{h}{\sqrt{h^2+r^2}}\right)$

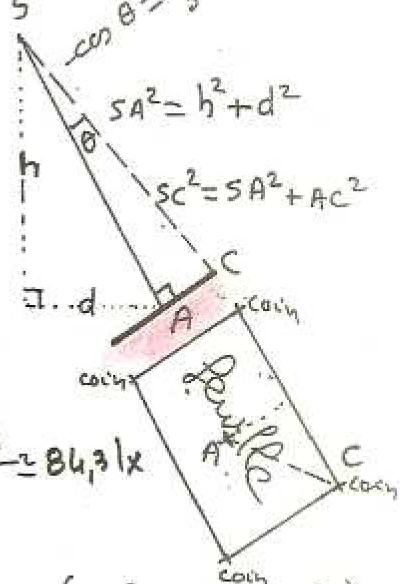
2) $\phi = \Omega . I = 4\pi . E_0 . h^2$ $\quad \phi \simeq 4496\ lm$

9.

1. angle solide : 2π sr (1/2 espace)

fig b

2. $I = \dfrac{\phi}{\Omega}$ $\quad \phi = \Omega . I = 1382 \text{ lm}$



$\cos\theta = \dfrac{SA}{SC}$

$SA^2 = h^2 + d^2$

$SC^2 = SA^2 + AC^2$

· $E = \dfrac{I . \cos\theta}{\ell^2}$

distance de la source au point éclairé

– $E_A = \dfrac{I . \cos 0}{SA^2} = 88 \text{ lx}$

– $E_{coin} = \dfrac{I . \cos\theta}{SC^2} = \dfrac{I . \frac{SA}{SC}}{SC^2} = \dfrac{I . SA}{SC^3} \simeq 84{,}3 \text{ lx}$

· valeur moyenne de l'éclairement $E_m = \dfrac{88 + 84{,}3}{2} = 86{,}4 \text{ lx}$

$\left(\begin{array}{l} AC^2 = 0{,}2^2 + 0{,}15^2 \\ AC = 0{,}25 \text{ m} \end{array} \right)$

$88 \times \dfrac{3}{100} \simeq 2{,}6 \text{ lx}$

$\to E_A \simeq E_m$ $\quad (88 - 2{,}6 = 85{,}4)$

· on suppose que l'éclairement de la feuille est uniforme

$\phi = E . S \simeq 10{,}6 \text{ lm}$
$(88 . S)$

10.

source isotrope « ... sources ponctuelles répartissant uniformément le flux lumineux ... »

1. Dans le système international (u.S.I) :
- puissance électrique en watt (W) ... P
- flux lumineux en lumen (lm) ... F

2. $\boxed{\Omega = 2\pi(1-\cos\alpha)}$ → 1/2 angle au sommet du cône $\alpha = 30°$

$\Omega \simeq 0{,}842$ sr

3. $\boxed{k = \frac{F}{P}}$ (flux F ou ϕ → lm ; P → W)

k : $lm.W^{-1}$ coefficient d'efficacité lumineuse

	lampe N°1	lampe N°2	lampe N°3
k	39 $lm.W^{-1}$	38,9 $lm.W^{-1}$	39 $lm.W^{-1}$

k étant le même (pratiquement) pour les 3 lampes, ce critère ne permet pas de faire un choix.

4.1) $\boxed{I = \frac{F}{\Omega}}$ (I → cd ; F → lm ; Ω → sr)

	lampe N°1	lampe N°2	lampe N°3
I	926 cd	1615 cd	2320 cd

2) $E = \frac{I \cos\theta}{h^2}$ ($\theta = 0$; $\cos\theta = 1$) (au centre C)

$\boxed{E = \frac{I}{h^2}}$ (E → lx ; I → cd ; h → m)

	lampe N°1	lampe N°2	lampe N°3
E	230 lx	400 lx	580 lx

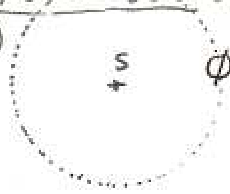
5. On veut en C, 300 lx minimum ... on peut donc choisir les lamps 2 ou 3.

6. Les 2 lampes fournissant largement l'éclairement souhaité (300 lx), on va choisir la lampe 2 dont la puissance est P = 35 W de préférence à la lampe 3 dont la puissance est P = 50 W.
On va ainsi réaliser des économies (coût de fonctionnement moindre)

de préférence ...
On va ainsi réaliser des économies (coût de fonctionnement moindre)

11. source isotrope

1)



$\phi = 980\ lm$

a) $\boxed{P = \dfrac{\phi}{k}}$ (lm ; $lm.W^{-1}$; W)

$P \simeq 75{,}4\ W$

b) $\phi = \Omega . I$

$\Omega = 4\pi\ sr$ (tout l'espace)

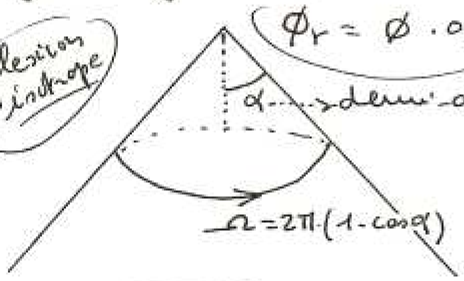
$\boxed{I = \dfrac{\phi}{4\pi}}$

$I \simeq 78\ cd$

2) flux réfléchi ϕ_r = 80% du flux incident ϕ

$\phi_r = \phi \cdot 0{,}8$ (784 lm)

réflexion isotrope



α → demi-angle au sommet du cône ($\alpha = 60°$)

$\phi_r = \Omega\ I_1$

$\boxed{I_1 = \dfrac{\phi_r}{2\pi . (1-\cos\alpha)}}$

$I_1 \simeq 250\ cd$

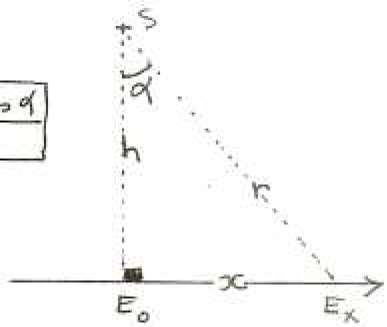
3) $E = \dfrac{I . \cos\alpha}{r^2}$

a) $E_0 = \dfrac{I_1}{h^2}$ ($\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, $r = h$)

$\boxed{h = \left(\dfrac{I_1}{E_0}\right)^{1/2}}$ $h = 1\ m$

b) → $I_1 = h^2 . E_0$

$\boxed{E_x = \dfrac{I_1 . \cos\alpha}{r^2}}$



$$E_x = \frac{I_1}{h^2 \left[1 + \frac{x^2}{h^2}\right]^{3/2}}$$

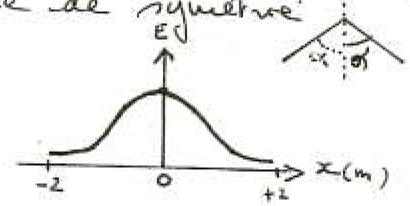
$$E_x = \frac{\cancel{h^2} . E_0}{\cancel{h^2} \left[1 + \frac{x^2}{h^2}\right]^{3/2}} = \boxed{\frac{E_0}{\left(1 + \frac{x^2}{h^2}\right)^{3/2}} = E_x}$$

si $x = h = 1\ m$

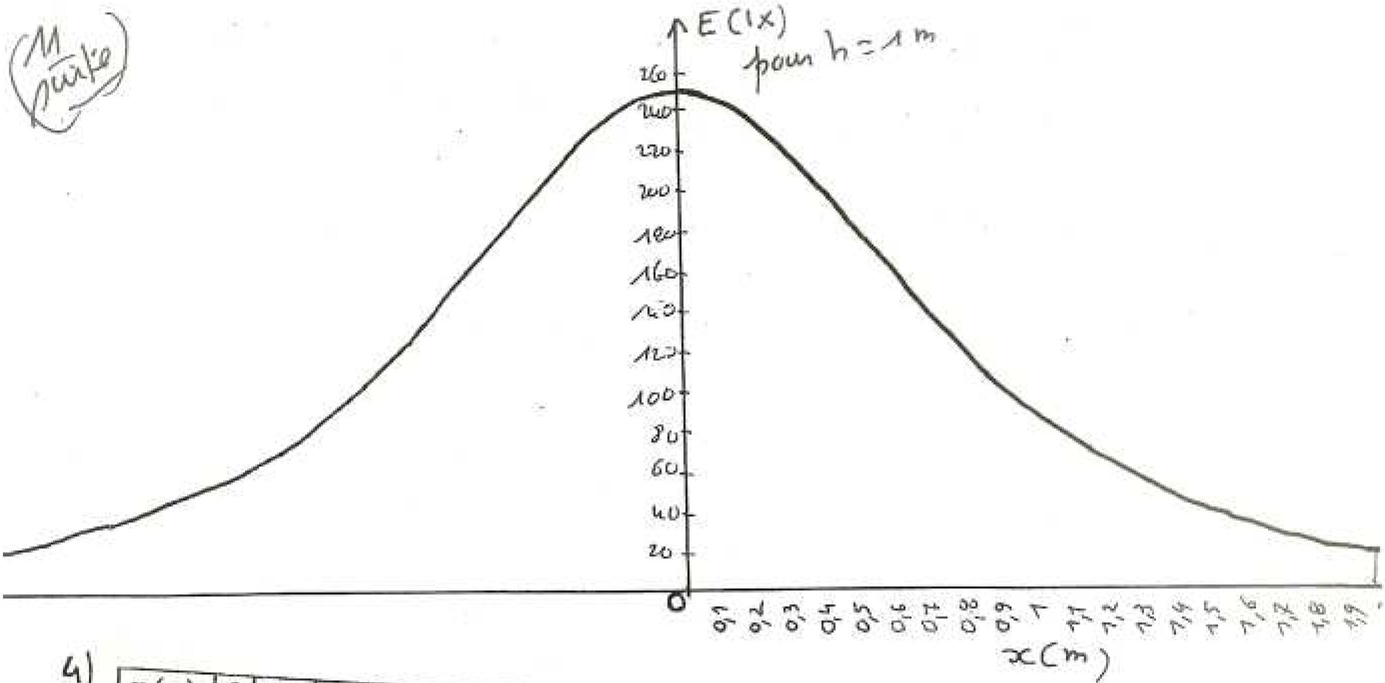
$\dfrac{E_0}{2^{3/2}} = E_x \simeq 88{,}4\ lx$

x (m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
E_x (lx)	250	246	236	220	200	179	158	137	119	103	88	76	66	57	49	43	37	33	29	25	22

c) le cône du faisceau lumineux présente un axe de symétrie

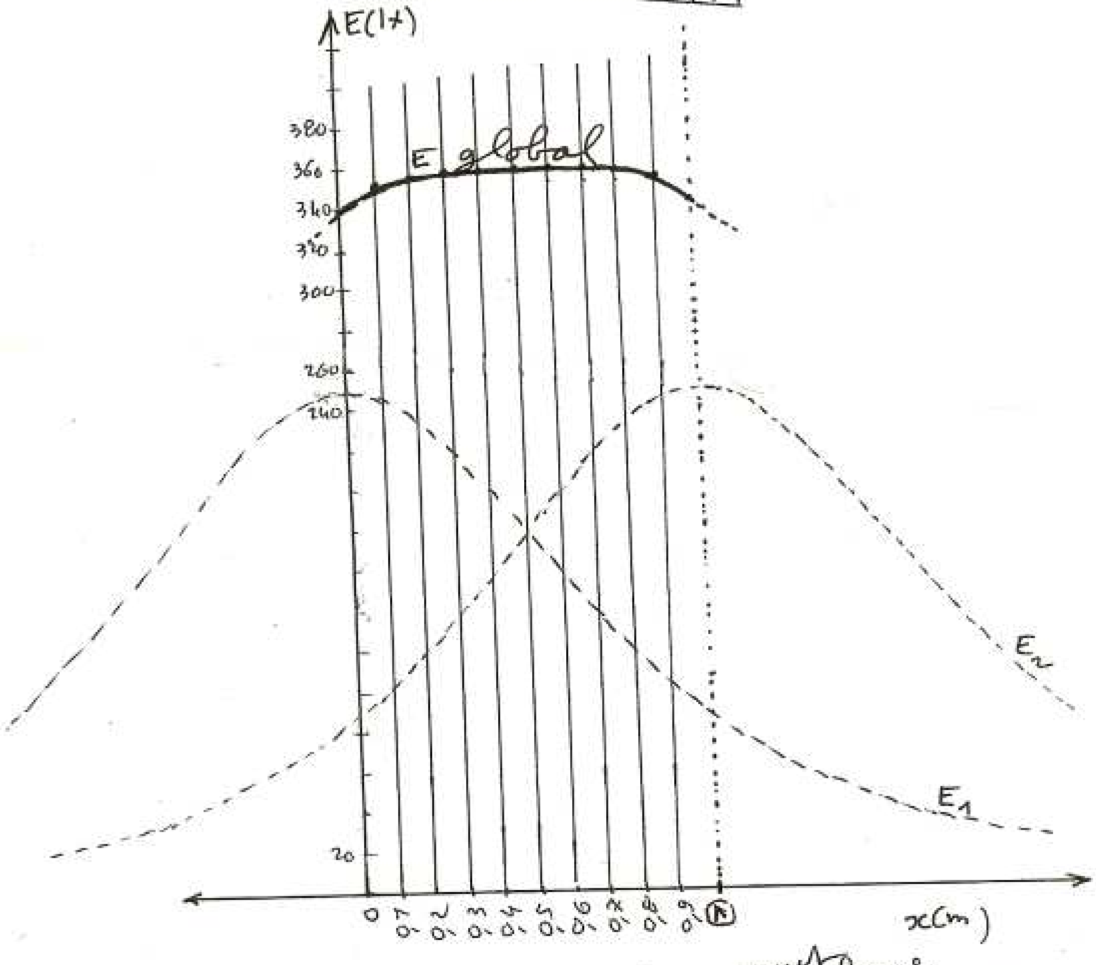


(11 suite)



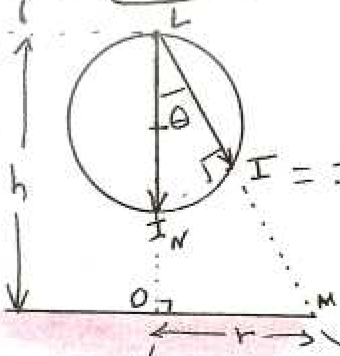
4)

x (m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
E_1 (lx)	250	246	236	220	200	179	158	137	119	103	88
E_2 (lx)	88	103	119	137	158	179	200	220	236	246	250
E_{global}	338	349	355	357	358	358	358	357	355	349	338



l'éclairement devient uniforme entre 0,2 et 0,7 m

12) source orthotrope



1) a- $I_N = \dfrac{\phi}{\pi} \simeq 130\,cd$

2) $I = I_N \cdot \cos\theta$ $\quad I = I_N \cdot \dfrac{h}{\sqrt{h^2+r^2}}$ $\quad I \simeq 114{,}7\,cd$

3) $E = \dfrac{I \cdot \cos\theta}{R^2}$

a- $E_0 = \dfrac{I_N \cdot \cos\theta}{h^2}$

$E_0 = \dfrac{I_N}{h^2}$

$E_0 \simeq 57{,}8\ lx$

b- $E_M = \dfrac{I \cdot \cos\theta}{LM^2} = \dfrac{I_N \cdot \cos^2\theta}{LM^2}$

- $E_M = \dfrac{I_N \cdot \left(\dfrac{h}{\sqrt{h^2+r^2}}\right)^2}{h^2+r^2} = \dfrac{I_N \cdot h^2}{(h^2+r^2)^2}$

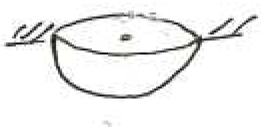
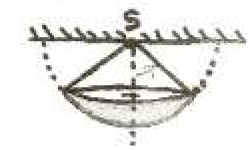
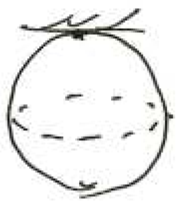
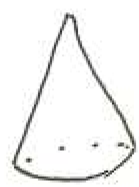
$\cos\theta = \dfrac{h}{LM}$

- $E_M = \dfrac{I_N \cdot \cos^2\theta}{\left(\dfrac{h}{\cos\theta}\right)^2} = \dfrac{I_N \cdot \cos^4\theta}{h^2}$

- $E_M = E_0 \cdot \cos^4\theta$

$E_M \simeq 35{,}0\ lx$

13)

Φ (lm)	$15{,}7.10^3$	$3{,}14.10^{-3}$	$0{,}9.10^3$
Ω (sr)	2π	2π	π
Dessin de l'angle solide			$\theta_{max} = 60°$ 
Surface indicatrice d'émission			
h (m)	5	1,67	4
Iso (cd)	500	1000	286
Eo (lx)	20	357	18
r (m)	2	2,9	0,5
I_{SM_1} (cd)	464	500	284
E_{M_1} (lx)	14,9	22	17,3
θ (°)	60	66	30
I_{SM_2} (cd)	250	409	248
E_{M_2} (lx)	1,25	10	10

14

1) $\tan\theta_{min} = \frac{HA}{HS}$ $\quad HA = \frac{(L^2+\ell^2)^{1/2}}{2}$ $\quad \Rightarrow \theta_{min} \simeq \underline{20{,}85°}$

2) $E = \frac{I.\cos\theta}{HS^2}$ $\quad I = E.HS^2 = \underline{8000\,cd}$

3) $$\phi = \int_0^{\theta_{min}} d\phi$$

$$d\phi = I.d\Omega = I_N.\cos^2\theta.\,2\pi.\sin\theta.d\theta$$

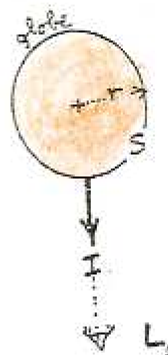
$$\phi = 2\pi.I_N\int_0^{\theta}\cos^2\theta.\sin\theta.d\theta$$

$$\phi = 2\pi.I_N.\left(-\frac{1}{3}.\cos^3\theta\right)_0^{\theta_{min}} = \frac{2}{3}\pi.I_N\left(-\cos^3\theta_{min}+\cos^3 0\right)$$

$$\underline{\phi \simeq 3081\,lm}$$

15

1)

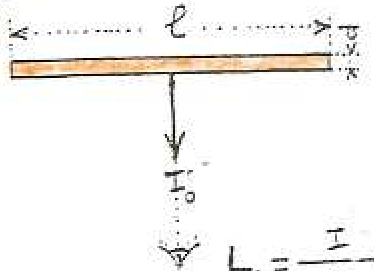


$\Sigma = \pi.r^2$ ... surface apparente disquale.

$$L_\ell = \frac{I}{\Sigma} = \frac{I}{\pi.r^2} \simeq 1193{,}7\ cd.m^{-2}$$

$$M = \pi.L \simeq \underline{3750{,}1}\ lm.m^{-2}$$

2)



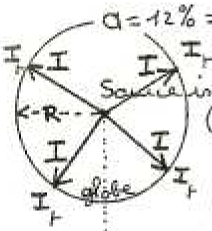
$\Sigma = \ell.d$ ... surface apparente rectangulaire.

$$L_\ell = \frac{I}{\Sigma} = \frac{I}{\ell.d} \simeq 6578{,}9\ cd.m^{-2}$$

16.

1/ $\boxed{e = \dfrac{\Phi}{P}}$ $\simeq 12{,}7\ \text{lm.W}^{-1}$ (Φ : lm ; P : W ; e : lm.W^{-1})

2/ $a = 12\% = 0{,}12$ (coefficient d'absorption de la sphère opalescente)



Source isotrope qui émet uniformément dans toutes les directions une intensité I.
($\Omega = 4\pi\ sr$)

la sphère n'en ... transmet ... que $I_t = 0{,}88.I$
($\Phi = 4\pi I$) (coefficient de transmition $t = 1 - a = 0{,}88 = 88\%$)

$I = \dfrac{\Phi}{4\pi}$ $\quad I_t = 0{,}88.I = 0{,}88.\dfrac{\Phi}{4\pi} \simeq 133\ \text{cd}$

d

$L = \dfrac{I}{\Sigma}$ $(\Sigma = \pi.R^2)$ $\quad L \simeq \underline{1882\ \text{cd.m}^{-2}}$ (la même dans toutes les directions !)

3) Cellule photoélectrique

$(\text{lx})\ E = \dfrac{\text{intensité du courant (A)}}{\text{sensibilité}\ (\text{A.lx}^{-1})} \simeq 1{,}2.10^{+3}\ \text{lx}$

$E = \dfrac{I}{d^2}$ $\quad \boxed{I = E \cdot d^2} \simeq 131\ \text{cd}$ (I : cd ; E : lx ; d : m)

4/ 131 ... 133 cd. le coefficient d'absorption est correct

17.

1/ le livre éclairé devient une source indirecte

a) Φ_i flux lumineux reçu (incident) par le livre.

Φ_r flux lumineux réfléchi par le livre.

$\Phi_i = E_\ell.S$ surface du livre

$\Phi_r = r.\Phi_i$ (r : coefficient de réflexion du livre)

$\Phi_r = M_\ell.S$ (excitance du livre)

$M_\ell S = r.E_\ell.S$

$\boxed{M_\ell = r \cdot E_\ell} = 10{,}2\ \text{lm.m}^{-2}$

$(r = 1 - a)$ (a : coefficient d'absorption du livre.)

b) $L_\ell = \dfrac{M}{\pi} \simeq 3{,}25\ \text{cd.m}^{-2}$

18.

1/ le globe éclairé devient une source indirecte

a) $M_\ell = \pi.L_\ell \simeq 3141{,}6\ \text{lm.m}^{-2}$

b) Φ_t flux lumineux transmis par le globe

(surface sphérique du globe $4\pi R^2$)

$\Phi_t = M_\ell.S$

Φ_i flux lumineux reçu (incident) par l'intérieur du globe.

$\Phi_i = \dfrac{\Phi_t}{t}$ $\quad t = \dfrac{\Phi_t}{\Phi_i} = \dfrac{M_\ell.S}{\Phi_i} \simeq 0{,}8$

c) $E_\ell = \dfrac{\Phi_i}{S} \simeq 3927{,}1\ \text{lx}$

(car $\Phi_t = M_\ell.S = t.\Phi_i = t.E_\ell.S$ ($\Phi_i = E_\ell.S$) soit $\boxed{M_\ell = t.E_\ell}$ $\quad E_\ell = \dfrac{M_\ell}{t}$)

19

le luxmètre

1) $d\omega = \frac{\pi . r^2}{d^2} = \frac{S}{(D+d)^2}$ $S = \pi . r^2 . \frac{(D+d)^2}{d^2}$

$d\Phi = \frac{L.S.S'}{(D+d)^2}$

2) $d\Phi = I \, . \, d\Omega$

$I = L.S$

$d\Omega = \frac{S'}{(D+d)^2}$

$= \frac{\frac{L.S.S'}{(D+d)^2}}{S'} = \frac{L.S}{(D+d)^2} = \frac{L.\pi r^2 . \frac{(D+d)^2}{d^2}}{(D+d)^2}$

3) $E' = \frac{d\Phi}{S'}$ éclairement de la cellule

$\boxed{E' = \pi . L \left(\frac{r}{d}\right)^2}$

4) $\left(\frac{d}{r}\right)^2 = \frac{\pi . L}{E'}$ $\frac{d}{r} = \left(\frac{\pi . L}{E'}\right)^{0,5} \simeq 5,6$

20

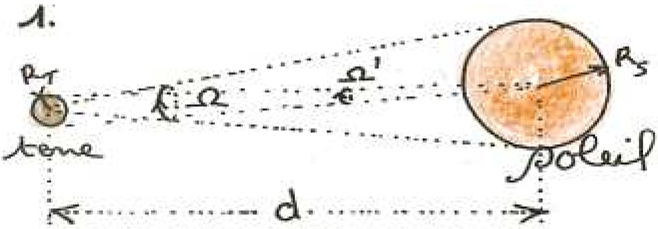
1. $\Omega = \frac{S}{d^2}$

2. $I_{lumineuse} = \frac{\Phi}{\Omega}$ $\Phi = I . \Omega = 1,6.10^{-2}$ lm

$I_{courant} = \overset{E}{1,6.10^{-2}} \times 1,8.10^{-6} \simeq 2,88.10^{-7}$ A

21

1.



$\Omega = \frac{S \text{ (surface apparente)}}{d^2}$

$(S = \pi . R_S^2)$

$\Omega \simeq 6,8.10^{-5}$ sr

2. flux reçu par la terre $\Phi = E . S$

$S = \pi . R_T^2$

$\Phi \simeq 1,47.10^{13}$ lm

3. $I = \frac{\Phi'}{\Omega}$

$\left(\Omega' = \frac{\pi . R_T^2}{d^2}\right) \simeq 5,7.10^{-9}$ sr

$I \simeq 2,57.10^{27}$ cd

$L = \frac{I}{S_{apparente}} = \frac{I}{\pi . R_S^2}$

$L \simeq 1,69.10^{9}$ cd.m^{-2} (nit)

4. Φ total émis par le soleil

$\Phi = \frac{\text{flux tombant sur terre}}{\Omega'} \times 4\pi \times \frac{100}{86}$

$\Phi \simeq 3,76.10^{28}$ lm

(21 suite)

5. $e = \frac{\phi}{P}$

$e \simeq 98{,}9 \text{ lm.W}^{-1}$

6. $I = \frac{\phi}{4\pi}$

$I \simeq 2{,}99.10^{27}$ cd

$J = \frac{P}{4\pi}$

$J \simeq 3{,}02.10^{25}$ W.sr^{-1}

7. P reçue par la terre

$P = \frac{3{,}8.10^{26}}{4\pi} \times 5{,}7.10^{-9} \times \frac{71}{100}$

$P \simeq 1{,}22.10^{17}$ W

$E_e = \frac{P}{\pi . R_T^2}$

$E_e \simeq 0{,}0957$ W.m^{-2}

éclairement énergétique

(alors que l'éclairement lumineux E_ℓ s'exprime en lx (lm.m^{-2}))

$e = \frac{\phi}{P} = \frac{1{,}47.10^{13}}{1{,}25.10^{17}} \simeq 1{,}2.10^{-4}$ lm.W^{-1}

22.

1. a) $dI_0 = I_0 \cdot \frac{dx}{\ell}$

b) $dI = dI_0 . \cos\alpha$

c) $E = \frac{dI . \cos\alpha}{d^2}$

$\left(d = \frac{h}{\cos\alpha}\right)$

$$\boxed{dE = \frac{I_0 . \cos^4\alpha}{\ell . h^2} . dx}$$

$dx = \frac{h}{\cos^2\alpha} . d\alpha$

2. $E = \int dE = \int \frac{I_0 . \cos^2\alpha}{\ell . h} . d\alpha = \frac{I_0}{\ell . h} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2\alpha . d\alpha$

$$\boxed{E = \frac{I_0}{\ell . h} . \left[\frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4}\right]_{\alpha_1}^{\alpha_2}}$$

$\alpha_2 = tg^{-1} \frac{x_1 + \ell}{h} \simeq 39{,}8°$ (0,695 rad)

$\alpha_1 = tg^{-1} \frac{x_1}{h} = 18{,}4°$ (0,321 rad)

$E \simeq 29{,}5$ lx

23.

1. a) $dE = \frac{I \cdot \cos\theta}{d^2}$

$L = \frac{I}{dS \cdot \cos\theta}$

$dE = \frac{L \cdot dS \cdot \cos^2\theta}{d^2}$

b) $d\Omega = \frac{dS \cdot \cos\theta}{d^2} = 2\pi \cdot \sin\theta \cdot d\theta$

$dE = 2\pi \cdot L \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot d\theta$

2. $E = \int dE = \int 2\pi \cdot L \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot d\theta = 2\pi \cdot L \int_0^{\theta} \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot d\theta$

$$\boxed{E = 2\pi \cdot L \left[-\frac{\cos^2\theta}{2} \right]_0^{\theta_1}}$$

$\theta_1 = tg^{-1} \frac{R}{h} \simeq 11{,}3°$ (0,197 rad)

$E \simeq 121$ lx

3. source ponctuelle

$\theta = 0 \quad \cos\theta = 1$

$E = \frac{I_0}{h^2} \simeq 126$ lx

$(I_0 = L \cdot \pi R^2)$

4. $R \to \infty$ (voûte céleste) $\theta_1 \to \frac{\pi}{2}$

$E = \pi \cdot L \simeq 3141$ lx