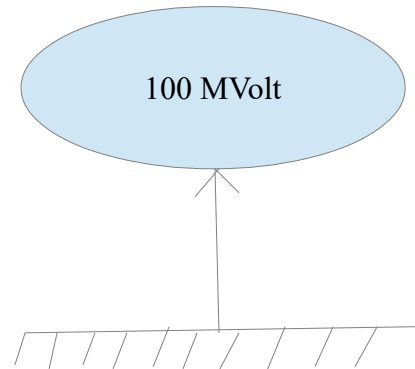


Physique des phénomènes naturels :

Protection contre la foudre :

La meilleure protection lors d'un orage c'est :

- a) de monter au sommet d'une montagne ?
- b) se mettre sous un arbre ?
- c) rester dans sa voiture ?



La réponse est c , il faut **rester dans sa voiture**, La raison en est qu'aucune onde électromagnétique ne peut pénétrer à travers une cage métallique, La carrosserie de l'automobile si elle est métallique agit comme une cage de Faraday, Contrairement à une idée reçue , ce sont pas les pneus de la voiture qui isolent car ils sont bien trop minces,

A quoi est dû l'éclair et le tonnerre ?

L'orage(éclair + tonnerre) est dû à la **décharge électrique** entre le bas du nuage chargé négativement et le sol chargé positivement, L'air agit comme un isolant électrique mais lorsque la différence de potentiel entre le nuage et le sol devient trop importante il se produit un véritable court circuit,, Lors de la décharge électrique entre le nuage et le sol la colonne d'air s'échauffe de plusieurs milliers de degrés et se dilate brutalement, L'éclair est dû à la lumière émise par l'air surchauffé et le tonnerre est dû au bruit lié à la dilatation(ou expansion),

Pourquoi je vois l'éclair avant d'entendre le tonnerre ?

La différence considérable entre la vitesse de la lumière $c=300000000$ m/s et la vitesse du son $c=340$ m/s explique pourquoi je vois l'éclair avant d'entendre le tonnerre, Bien que les deux phénomènes soient produits simultanément la vision de l'éclair est instantanée alors que le bruit du tonnerre met un laps de temps pour arriver jusqu'à moi,

Distance entre soi et l'orage :

Pour connaître la distance où se situe l'orage par rapport à moi , je compte le nombre de secondes entre le moment où je vois l'éclair et celui où j'entends le bruit du tonnerre , Je divise ce laps de temps par 3 cela me donne la distance de l'orage en kilomètres, Par exemple si je compte 9 secondes , l'orage est à 3 kilomètres,

En effet la distance est égale à $d=c*t$, ou $c=340$ m/s=vitesse du son dans l'air, t le temps mis par ce son pour arriver jusqu'à moi qui est égale à peu de choses près au temps séparant la vision de l'éclair et le bruit du tonnerre que j'entends, La vitesse de la lumière (éclair) étant très grande $c \sim 300000$ km/s,

Donc $d=340*t$ où d en mètre si t en seconde soit $d=340*t/1000$ si d en km et t en seconde ou encore $d=0,34*t$ soit **$d \sim t/3$ si t est en seconde et d en km.**

Intensité du courant lors d'un éclair :

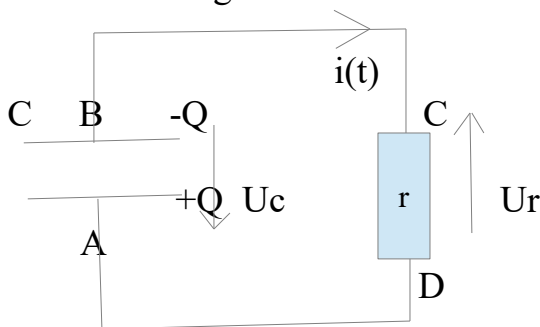
L'intensité du courant lors d'un éclair est égale à :

- a) 5 ampères b) 500 ampères c) 50000 ampères

La réponse est c soit **50000 ampères**

Quelle est la quantité de **charge Q** écoulee pendant cette décharge ?

Considérons le système correspondant au nuage chargé et la terre comme un condensateur géant :



$$U_c = V_A - V_B \quad U_r = V_C - V_D$$

intensité du courant $i(t) = dq/dt$
 $q(t) = C * U_c(t)$

Loi des mailles

$$V_A - V_B + V_B - V_C + V_C - V_D + V_D - V_A = 0$$

$$U_c + 0 + U_r + 0 = 0$$

$$-U_c = U_r = r * i(t) = rC \frac{dU_c}{dt}$$

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{U_c}{rC} = 0$$

$$\text{soit } U_c(t) = U_c(0) * \exp(-t/rC)$$

$$i(t) = -U_c(0) / r * \exp(-t/rC)$$

$$i(t) = -I(0) * \exp(-t/rC)$$

$$q(t) = C * U_c(0) * \exp(-t/rC)$$

Si la décharge est terminée ($i(t)$ voisin de 0) au bout d'un temps $t=5$ milliseconde, On détermine la valeur de la constante $\tau = rC$ en enregistrant $i(t)$ et en considérant que la décharge est terminée quand $t=t_f=5 * \tau = 5E-3$ ce qui donne $\tau = r * C = 1$ milliseconde

La charge Q écoulee est calculée en prenant l'intégrale de $i(t)$ de 0 à t_f (temps final)

$$Q = \int_0^{t_f} i(t) \cdot dt$$

$$Q = I(0) \cdot rC \cdot [1 - \exp(-t_f/rC)] \sim 50000 \cdot 1E-3 = \mathbf{50 \text{ Coulomb}}$$

$$\text{La capacité } C = Q/U(0) = 50/100E6 = 0,5 \text{ microFarad}$$

$$\text{La résistance } r = 1E-3/0,5E-6 = 2000 \text{ Ohms}$$

L'énergie dégagée lors de la décharge entre 0 et t_f est $E =$

$$\int_0^{t_f} r \cdot I^2(t) dt = \int_0^{t_f} r \cdot I(0)^2 \cdot \exp\left(\frac{-2 \cdot t}{rC}\right) dt = \frac{(r \cdot I(0)^2)}{2} \cdot rC \cdot (1 - \exp\left(\frac{-2 \cdot t_f}{rC}\right)) = \frac{r \cdot (I(0)^2 \cdot rC)}{2} = \frac{(Uc(0) \cdot I0 \cdot rC)}{2}$$

$$E = Q \cdot U/2 = 50 \cdot 100E6/2 = 2500E6 \text{ joules} \sim \mathbf{694 \text{ kWh}},$$

On pourrait si on arrivait à récupérer cette énergie alimenter en gros 694 ampoules de 100 watts pendant 10 heures,

Température de la colonne d'air ionisée :

Si on assimile la colonne d'air où a lieu la décharge à un cylindre de gaz parfait de 10 cm de diamètre et de hauteur $h=3000$ m,

Le nombre de mole de molécules d'air dans cette colonne est

$$n = \frac{(P \cdot V)}{(R \cdot T)} = \frac{(1E5 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h)}{(R \cdot T)} = \frac{(1E5 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 3000)}{(8,31 \cdot 300)} = 944,6 \text{ moles}$$

Chaleur spécifique de l'air C_p ,

La variation d'enthalpie dH (chaleur dégagée) dans la colonne associée à l'énergie E vue précédemment est $dH = n \cdot C_p \cdot dT$, ce qui donne une variation de température

$$dT = \frac{2500E6}{(944,6 \cdot 1005,7)} = 2631 \text{ } ^\circ\text{C}$$

On obtient des températures de **plusieurs milliers de degrés**, A ces températures l'air forme un plasma ionisé qui émet de la lumière (l'éclair), Les valeurs trouvées dépendent fortement des paramètres comme la hauteur h de la base du cumulonimbus responsable de l'orage et du diamètre de la colonne ionisée, En prenant $h=1000$ m et un diamètre égal à 5 cm on aurait obtenu une température dT de 31506 °C soit plus de 5 fois la température de la surface du soleil,