

de Franklin : il paraît présenter le double avantage d'être moins coûteux, et d'avoir une efficacité plus certaine.

Ce système de paratonnerres est fondé sur ce principe, établi par Faraday, que si un corps quelconque est placé à l'intérieur d'une sorte de cage, formée par un réseau de fils métalliques communiquant avec le sol, ce corps ne peut éprouver, de la part des corps électrisés, placés à l'extérieur de la cage, aucune action d'influence (*).

M. Melsens installe, sur les toits et sur tout le contour de l'édifice, des conducteurs métalliques dont la section peut être beaucoup moindre que celle des conducteurs de paratonnerres ordinaires, mais qui doivent être beaucoup plus multipliés, et reliés entre eux de manière à envelopper l'édifice d'un réseau, qui n'en altère, d'ailleurs nullement l'effet architectural. Ces conducteurs sont mis en communication avec le sol, par un grand nombre de points, au moyen de puits. Aux principaux points d'intersection des conducteurs, et particulièrement sur le faite de l'édifice, sont placées des gerbes formées par de petites tiges de cuivre, terminées en pointes, par lesquelles se produit l'écoulement de l'électricité. — Un système de ce genre a été établi sur l'hôtel de ville de Bruxelles, et un autre sur l'une des casernes de la ville : le prix de revient a été environ la moitié de ce qu'il eût été pour des paratonnerres ordinaires, à égalité de superficie.

VI. — VARIATIONS DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

956. **Variations de la déclinaison et de l'inclinaison, en un même lieu.** — La *déclinaison*, en chaque point du globe, est soumise à des variations, dont les unes sont assujetties à une périodicité qui leur a fait donner le nom de *variations régulières*; les autres sont des *variations irrégulières*, ou *accidentelles*.

Pendant l'intervalle d'une même journée, on voit, dans nos climats, l'extrémité australe de l'aiguille marcher de quelques minutes vers l'ouest pendant la matinée, et jusqu'à l'heure du maximum de température; elle revient ensuite sur elle-même, à l'heure où la température s'abaisse, pour reprendre une marche semblable le jour suivant, et ainsi de suite. Ces écarts réguliers, auxquels on donne le nom de *variations diurnes*, sont cependant plus grands pendant la saison chaude que pendant l'hiver.

Si maintenant on évalue, en un lieu déterminé, la *déclinaison moyenne* de l'année, et si l'on compare entre elles les moyennes de

(*) On peut, par exemple, placer un oiseau dans une cage ordinaire, à treillage de fils de fer, en communication avec le sol, et constater que les décharges d'une machine électrique, ou même celles d'une batterie, en éclatant sur la cage, ne font éprouver à l'oiseau aucune commotion.

plusieurs années successives, on constate une variation qui a reçu le nom de *variation séculaire*. Les observations faites à Paris, depuis l'année 1580, ont conduit aux résultats suivants. — En 1580, la *déclinaison* était orientale et égale à $11^{\circ} 30'$; elle a été en diminuant jusqu'en 1663, où elle est devenue nulle, puis occidentale, et l'aiguille a continué à marcher dans le même sens jusqu'en 1814. En 1814, la *déclinaison* occidentale a atteint un maximum, égal à $22^{\circ} 54'$, et elle a ensuite commencé à décroître. — En 1885, la *déclinaison* moyenne, toujours occidentale, était de $16^{\circ} 15'$; elle décroît d'environ $7,4$ par an : si cette loi se continue, la *déclinaison* à Paris deviendra nulle vers le milieu du siècle prochain; puis elle redeviendra orientale, et ainsi de suite.

Pour l'*inclinaison*, les observations remontent à une époque moins reculée. En 1671, époque postérieure à celle du maximum de *déclinaison*, l'*inclinaison* à Paris était d'environ 75° ; elle a été en décroissant depuis cette époque; sa valeur en 1884 était de $65^{\circ} 20'$, c'est-à-dire que, dans un intervalle de plus de deux cents ans, elle n'a diminué que d'environ 10° . — Par conséquent, tout ce qu'on peut dire jusqu'ici, c'est que les variations de l'*inclinaison* ont été beaucoup plus petites que celles de la *déclinaison*. Mais il n'est pas impossible que ces deux éléments du magnétisme terrestre soient soumis à une période d'oscillations *de même durée*; c'est une question sur laquelle il ne sera possible de se prononcer qu'aux époques où ces deux quantités repasseront par des maxima.

Enfin, on donne le nom de *variations accidentelles*, ou *orages magnétiques*, à de véritables perturbations, survenant brusquement dans les mouvements de l'aiguille aimantée, et ne durant en général que quelques heures. — Arago a remarqué qu'elles coïncident généralement avec l'apparition d'aurores boréales, soit en des points voisins, soit en des points éloignés. — Des observations suivies, faites dans les observatoires des colonies anglaises, qui couvrent la surface du globe, ont montré que ces orages apparaissent simultanément, avec des intensités diverses, en un grand nombre de points : la cause qui les produit ne peut donc résider que dans des phénomènes s'accomplissant à une grande distance de la surface du globe.

957. **Variations de la déclinaison et de l'inclinaison magnétiques, à la surface du globe.** — Puisque la *déclinaison* et l'*inclinaison* n'éprouvent, en un même lieu, pendant le cours d'une année, que des variations de quelques minutes, on comprend que l'on puisse exprimer, par des tables numériques ou par des cartes, l'état magnétique du globe à une époque déterminée. — Voici quelques résultats généraux, se rapportant à l'époque actuelle.

Déclinaison. — La *déclinaison* varie beaucoup d'un point à l'autre du globe. Elle est occidentale en Europe; elle est orientale dans la

Chine et au Japon; les différences peuvent s'élever, sur un même parallèle, à 50° ou 40°. — On comprend quelle importance offre, pour la navigation ou pour la géodésie, la connaissance exacte de la déclinaison en chaque point du globe et à chaque instant. On trouve, dans *Annuaire du Bureau des longitudes*, une carte de France sur laquelle sont tracées les *lignes d'égale déclinaison*, ou *lignes isogoniques*, joignant entre eux les points pour lesquels la déclinaison a présenté une même valeur, au 1^{er} janvier 1885; ces lignes se succèdent de degré en degré (*). En admettant une variation d'environ 7' en moins par an, on peut obtenir, pendant plusieurs années, la valeur approchée de la déclinaison, pour les points compris dans cette carte.

Quant à la distribution des lignes isogoniques à la surface du globe, elle est trop irrégulière pour se prêter à un résumé élémentaire.

Inclinaison. — Les variations de l'aiguille d'inclinaison à la surface du globe peuvent se résumer de la manière suivante. Supposons qu'en partant de nos latitudes on puisse se déplacer, avec une boussole d'inclinaison, en suivant à peu près un *méridien*; à mesure que l'on remontera vers le nord, l'inclinaison, qui était d'environ 65° à Paris, ira en augmentant, le pôle austral de l'aiguille étant toujours au-dessous de l'horizon. On a même découvert, dans les voyages aux régions arctiques, un point où l'aiguille se tient *verticale*, c'est-à-dire où l'inclinaison est de 90°. Ce point, situé au nord de l'Amérique et à 15° du pôle, se nomme le *pôle magnétique boréal de la Terre* (**). — Si, partant de là, on redescend vers l'équateur, on observera que l'inclinaison va toujours en diminuant; dans le voisinage de l'équateur, on trouvera un point où l'aiguille est *horizontale*, c'est-à-dire où l'inclinaison est nulle. Ce point appartient à l'*équateur magnétique* du globe. — En continuant la même marche vers le pôle austral de la Terre, on observera que l'aiguille s'incline de nouveau, mais alors c'est son pôle boréal qui se trouve au-dessous de l'horizontale. Cette inclinaison va en augmentant jusqu'à un point situé dans les régions antarctiques, et nommé *pôle magnétique austral* de la Terre, où l'aiguille se retrouve verticale, mais en sens contraire de la position qu'elle occupait au pôle magnétique boréal. Ce second point est à environ 18° du pôle géographique.

Le même fait s'observerait sur tous les méridiens. — La ligne qui réunit tous les points sans inclinaison s'appelle l'*équateur magnétique*; c'est une ligne assez irrégulière, mais s'écartant peu d'un grand cercle qui coupe l'équateur géographique en deux points situés à peu près aux

(*) L'Annuaire du Bureau des longitudes donne aussi une table des déclinaisons et des autres éléments du magnétisme terrestre dans tous les chefs-lieux de départements de la France et dans quelques villes des pays voisins, pour le 1^{er} janvier 1885.

(**) En ce point, la déclinaison est indéterminée, puisque, les forces du couple terrestre étant verticales, elles ne peuvent donner aucune orientation à une aiguille mobile dans un plan horizontal.

extrémités d'un même diamètre. L'équateur magnétique se déplace d'ailleurs progressivement, par suite des variations séculaires de l'inclinaison (*).

VII. — MÉTÉORES LUMINEUX.

938. **Arc-en-ciel.** — Lorsque le soleil est peu élevé au-dessus de l'horizon, et qu'en face de lui se trouve un nuage se résolvant en pluie, un spectateur, placé de manière à tourner le dos au soleil et à regarder le nuage, voit se produire un *arc-en-ciel*, c'est-à-dire un arc circulaire d'une certaine largeur, coloré des couleurs du spectre : le violet occupe le bord *interne* de cet arc; le rouge, le bord *externe*. — Quelquefois, un deuxième arc-en-ciel enveloppe le premier; les couleurs, moins brillantes, y sont disposées *dans un ordre inverse*.

Le phénomène de l'arc-en-ciel est dû à la décomposition des rayons solaires dans l'intérieur des gouttes de pluie. L'explication en a été donnée par Newton : nous en indiquerons sommairement les principes.

Lorsqu'un rayon de lumière simple RI (fig. 701 ou 702), un rayon rouge

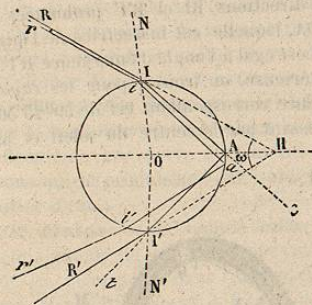


Fig. 701.

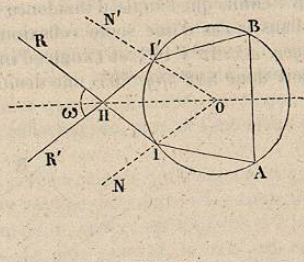


Fig. 702.

par exemple, rencontre en I la surface d'une goutte d'eau, il se divise en deux portions, dont l'une est réfléchie, et dont l'autre pénètre dans la goutte en se réfractant suivant IA; celle-ci peut subir soit une, soit deux, soit un plus grand nombre de réflexions intérieures, avant d'émerger suivant I'R'; la figure 701 représente le cas d'une seule réflexion intérieure; la figure 702, le cas de deux réflexions.

(*) L'hypothèse de l'aimant terrestre rend compte des diverses valeurs que présente l'inclinaison sur un même méridien. Il suffit, en effet, de disposer un aimant un peu intense dans une position fixe, et de faire parcourir à une boussole d'inclinaison une demi-circonférence, décrite sur une droite ayant la direction même de cet aimant, pour voir l'aiguille de cette boussole prendre successivement, par rapport à l'aimant, les diverses positions que nous venons de décrire par rapport à la ligne des pôles de la Terre. — Mais, d'autre part, les variations séculaires du magnétisme terrestre conduiraient à regarder l'aimant terrestre comme éprouvant des changements progressifs de direction, et aussi d'intensité.

parhélies. — Ordinairement, on observe aussi une image blanche de l'astre, au point du cercle parhélique qui est diamétralement opposé au soleil; on lui donne le nom d'*anthélie* ou de *faux-soleil*. — Lorsque l'arc AA' enveloppe

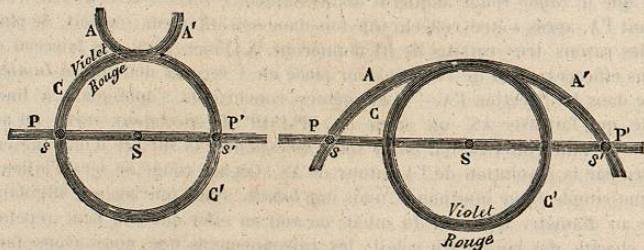


Fig. 704.

Fig. 705.

le halo de 25° (fig. 705), les parhélies *s* et *s'* apparaissent aux intersections de cet arc AA' avec le cercle parhélique.

Le cercle parhélique est dû à la réflexion de la lumière solaire, sur les faces des prismes de glace qui sont placées verticalement.

941. **Couronnes.** — Les couronnes sont encore des cercles colorés, qui apparaissent autour du soleil ou autour de la lune. Elles se distinguent des halos par une disposition inverse des couleurs : le rouge est toujours à l'extérieur, le violet à l'intérieur; leur diamètre est d'ailleurs bien moindre que celui des halos. — On observe fréquemment plusieurs couronnes concentriques : l'angle sous lequel on voit le rayon de la couronne intérieure varie depuis 19° 50' jusqu'à 4°.

Le phénomène des couronnes est dû à l'action exercée sur les rayons solaires par les nuages formés de gouttelettes sphériques, sensiblement égales entre elles. — On peut le reproduire artificiellement, en saupoudrant de lycopode une lame de verre, à travers laquelle on regarde la flamme d'une bougie placée à une certaine distance

PROBLÈMES

PROBLÈMES SUR LA PESANTEUR ET L'HYDROSTATIQUE

1. Dans une machine d'Atwood, chacune des masses égales pèse 240 grammes, la masse additionnelle pèse 10 grammes. On sait que l'accélération de la chute libre des corps est égale à 9^m,80. — Évaluer, en faisant usage du système d'unités C, G, S. : 1° la force qui met le système en mouvement; 2° la masse mise en mouvement; 3° la hauteur de chute, pour une durée de la chute égale à 5 secondes.

Solution. — 1° Puisque l'accélération de la chute libre est égale à 980 centimètres, l'intensité de la pesanteur est de 980 dynes : c'est la force qui sollicite à tomber le gramme-masse. Or, dans le cas actuel, la force qui met le système en mouvement est le poids de la masse additionnelle; cette force est donc égale à $10 \times 980 = 9800$ dynes.

2° La masse mise en mouvement est évidemment $2 \times 240 + 10 = 490$ grammes.

3° L'accélération γ du mouvement, évaluée en centimètres, s'obtient en faisant le quotient de la force, évaluée en dynes, par la masse, évaluée en grammes : on a donc $\gamma = \frac{9800}{490} = 20$ centimètres. — L'espace parcouru pendant la première seconde de la chute est la moitié de l'accélération, 10 centimètres; l'espace parcouru pendant les cinq premières secondes est 25 fois plus grand, c'est-à-dire 250 centimètres.

II. Le fil qui s'enroule sur la poulie d'une machine d'Atwood supporte, à ses deux extrémités, deux masses égales chacune à 240 grammes : l'une de ces masses, ramenée à la division zéro, est surchargée d'une masse additionnelle cylindrique de 5 grammes, et d'une masse de forme allongée, égale aussi à 5 grammes. On dispose le curseur annulaire de manière à arrêter la masse de forme allongée au bout de 2 secondes de chute. On demande de trouver l'équation du mouvement : 1° quand la durée de la chute est inférieure à deux secondes; 2° quand la durée de la chute dépasse 2 secondes. — On sait que l'accélération de la chute libre est de 9^m,80. — On fera usage des unités C, G, S.

Solution. — La force qui sollicite le système, évaluée en dynes, est égale à $10 \times 980 = 9800$ dynes, dans la première partie de la chute; elle n'est plus que $5 \times 980 = 4900$ dynes, dans la seconde partie. — La masse entraînée est d'abord de $2 \times 240 + 10 = 490$ grammes; elle n'est plus ensuite que de $2 \times 240 + 5 = 485$ grammes. — L'accélération du mouvement s'obtient, dans les deux cas, en faisant le quotient de la force par la masse : $\gamma = \frac{F}{m}$. On trouve ainsi, avant que le curseur annulaire ait arrêté la masse de forme allongée, $\gamma = 20$ centimètres; après que cette masse a été arrêtée, c'est-à-dire au bout de 2 secondes, $\gamma' = 10^{\text{cm}}$.

Si t est inférieur à 2 secondes, la vitesse et l'espace parcouru sont donnés par les deux équations :

$$(1) \quad v = 20 \times t, \quad e = 10 \times t^2.$$

En particulier, quand $t = 2$, on a $e = 40$, $v = 40$. Le curseur annulaire est donc placé à 40 centimètres du zéro, et quand le système mobile abandonne la masse de forme allongée, sa vitesse est de 40 centimètres. Cette vitesse est la vitesse initiale v_0 du second mouvement, uniformément accéléré, qui succède au premier; l'accélération