La lune produit aussi des arcs-en-ciel, mais très pâles.

1196. **Halos.** — Les *halos* sont des cercles irisés qui apparaissent parfois autour du soleil et lui sont concentriques. Tantôt le halo est simple, c'est-à-dire formé d'un seul cercle; tantôt il est double, c'est-à-dire formé de deux cercles. Dans les deux cas, la bande rouge est en dedans et la bande violette en dehors, pâle et diffuse. Le demi-diamètre apparent (497) du petit halo est de 23°, celui du grand de 46° (fig. 1104).

Les halos ont pour cause la décomposition de la lumière solaire à travers de très petits prismes de glace dont certains nuages sont formés. L'aéronaute

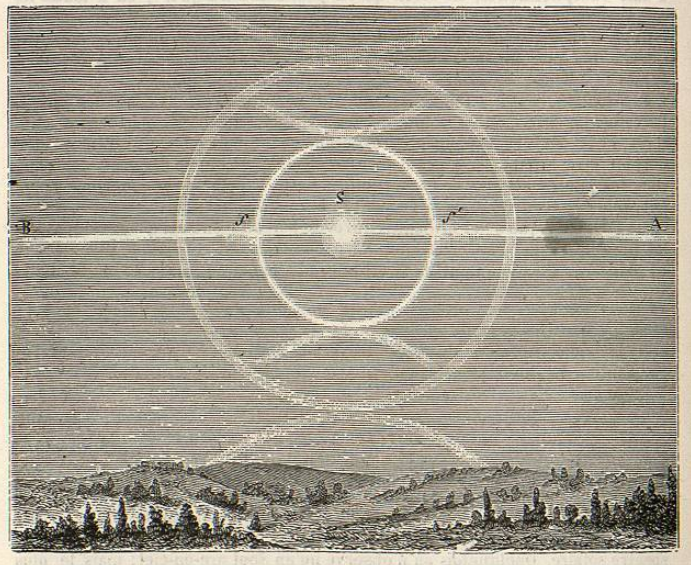

Fig. 1104.

Duruof a rencontré dans l'une de ses ascensions un pareil nuage à la hauteur de 3500 mètres.

1197. **Parhélies, cercles parhéliques, couronnes.** — On nomme *parhélies*, ou *faux soleils*, des images pâles du soleil qui apparaissent aux extrémités du diamètre horizontal du petit halo, un peu en dehors (fig. 1104). On explique les parhélies en admettant que les prismes de glace, tombant dans l'espace en vertu de leur poids, tombent en plus grand nombre dans la position verticale qui présente moins de résistance à l'air, et que, par suite, les rayons efficaces sont plus abondants dans le plan horizontal qui passe par le centre du soleil. De là un plus grand éclat dans les points où le halo est coupé par ce plan. Il se produit aussi des parhélies sur le halo extérieur, mais beaucoup moins intenses.

Le *cercle parhélique*, ou *cercle blanc* parce qu'il ne présente aucune coloration, est un cercle horizontal AB passant par le centre du soleil. Son manque

de couleur montre qu'il n'est pas un phénomène de réfraction, mais seulement de réflexion sur les facettes des prismes de glace.

Enfin, on nomme *couronnes* des cercles concentriques au soleil ou à la lune, qui apparaissent lorsque de légers nuages passent devant ces astres. Les couronnes sont au nombre de trois ou quatre, le rouge à l'extérieur et le violet en dedans. Le diamètre apparent de la plus petite est de 1 à 4 degrés. Elles sont dues aux rayons qui émergent, à chaque incidence intérieure, des petites gouttelettes interposées entre l'astre et l'œil de l'observateur.

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE.

1198. **Températures moyennes.** — On nomme *température moyenne*, ou simplement *température d'un jour*, celle qu'on obtient en faisant la somme de 24 observations thermométriques prises successivement d'heure en heure, et en la divisant par 24. L'expérience a appris qu'on obtient très approximativement cette température en prenant la moyenne entre les températures maxima et minima du jour et de la nuit, lesquelles se déterminent à l'aide des thermomètres à maxima et à minima. Ceux-ci doivent être à l'abri des rayons solaires, élevés au-dessus du sol, et éloignés de tout corps qui pourrait les influencer par son rayonnement.

La température d'un mois est la moyenne de celles des trente jours, et la température de l'année est la moyenne de celles des douze mois. Enfin, la *température d'un lieu* est la moyenne de sa température annuelle pendant un grand nombre d'années. La température moyenne de Paris est de 10°,7. Dans tous les cas, ces températures sont celles de l'air, et non celles du sol.

1199. **Causes qui modifient la température de l'air.** — Les causes qui font varier la température de l'air sont principalement la latitude, l'altitude, la direction des vents et la proximité des mers.

1° *Influence de la latitude.* — L'influence de la latitude résulte du plus ou moins d'obliquité des rayons solaires; car la quantité de chaleur absorbée étant d'autant plus grande que les rayons approchent davantage de l'incidence normale; il en résulte que la chaleur absorbée par le sol décroît de l'équateur vers les pôles, puisque les rayons sont de plus en plus obliques à l'horizon. Toutefois cette perte est compensée en partie, pendant l'été, dans les zones tempérées et dans les zones glaciales, par la longueur des jours. Sous l'équateur, où la longueur des jours est constante, la température est à peu près invariable; à la latitude de Paris, et dans les contrées plus septentrionales, où les jours sont très inégaux, la température varie beaucoup; mais, l'été, elle s'élève quelquefois presque aussi haut que sous l'équateur. Du reste, l'abaissement de la température résultant de la latitude est lent; ainsi, en France, par exemple, il faut avancer vers le nord de 185 kilomètres pour trouver un refroidissement d'un degré dans la température moyenne de l'air.

2° *Influence de l'altitude.* — L'altitude, c'est-à-dire la hauteur au-dessus du niveau des mers, imprime à la température de l'atmosphère un décroissement beaucoup plus rapide que celui qui résulte de la latitude. En effet, dans une ascension sur le Mont-Blanc, Saussure a observé un abaissement de température de 1 degré pour une hauteur de 144 mètres; Humboldt, sur le Chimboraço, a trouvé 1 degré d'abaissement pour 218 mètres. En prenant la

moyenne entre ces deux nombres, on a un refroidissement de 1 degré pour une hauteur de 181 mètres, ce qui donne un décroissement de température près de mille fois plus rapide pour l'altitude que pour la latitude.

La loi de l'abaissement de la température, quand on s'élève dans l'atmosphère, n'est pas connue, par suite des nombreuses causes perturbatrices qui tendent à la modifier, lesquelles sont les vents régnants, le degré d'humidité, l'heure de la journée, etc. L'expérience apprend que la différence de température de deux lieux inégalement élevés n'est point proportionnelle à la différence de niveau, mais que, pour des hauteurs peu considérables, on peut admettre approximativement cette loi. On évalue moyennement l'abaissement de la température de l'air à 1 degré pour 187 mètres d'élévation dans la zone torride, et à 1 degré pour 150 mètres dans la zone tempérée; mais ces nombres peuvent varier beaucoup selon les circonstances locales.

Le refroidissement de l'air, à mesure qu'on s'élève, se constate dans les ascensions aérostatiques; ce qui le prouve encore, ce sont les neiges persistantes qui recouvrent les sommets des hautes montagnes. Dans les Alpes, la limite des neiges persistantes se trouve à la hauteur de 2710 mètres; à Quito, sous l'équateur, elle est à 4800 mètres. Les causes de la basse température qui règne dans les hautes régions de l'atmosphère sont : 1° la grande raréfaction de l'air, laquelle diminue son pouvoir absorbant; 2° l'éloignement du sol, qui ne peut échauffer l'air par son contact; 3° le grand pouvoir diathermane des gaz; 4° enfin la diminution de pression, par suite de laquelle l'air chaud qui s'élève du sol se dilate considérablement; or on a vu que cette dilatation est une source de froid intense.

3° *Influence de la direction des vents.* — Les vents participant nécessairement de la température des contrées qu'ils ont traversées, leur direction, pour un même lieu, a une grande influence sur la température de l'air. A Paris, le vent le plus chaud est le vent du sud; viennent ensuite les vents du sud-est, du sud-ouest, d'ouest, d'est, du nord-ouest, du nord, et enfin le vent du nord-est, qui est le plus froid. Du reste, le caractère des vents change avec les saisons : le vent d'est, par exemple, qui est froid l'hiver, est chaud l'été.

4° *Influence de la proximité des mers.* — La proximité des mers tend à élever la température de l'air et à la rendre plus uniforme. En effet, on observe que, sous les tropiques et dans les régions polaires surtout, la température des mers est toujours plus élevée que celle de l'atmosphère. Quant à l'uniformité de température des mers, l'expérience apprend que, dans les régions tempérées, c'est-à-dire de 25 à 50° de latitude, la différence de température entre le maximum et le minimum d'un jour ne dépasse pas en mer 2 ou 3°, tandis que sur les continents cette différence peut aller jusqu'à 12 ou 15°. Dans les îles, l'uniformité de température est très sensible, même pendant les plus fortes chaleurs. En pénétrant dans les continents, les hivers, à latitude égale, deviennent plus froids, et la différence entre les températures des étés et des hivers devient plus grande.

1200. **Lignes isothermes.** — Lorsqu'on joint entre eux, sur une carte, tous les points dont la température moyenne est la même, on obtient des courbes que Humboldt a fait connaître le premier, et qu'il a désignées sous le nom de *lignes isothermes*. Si la température d'un lieu ne variait qu'avec l'obliquité des rayons solaires, c'est-à-dire qu'avec la latitude, les lignes isothermes seraient toutes des parallèles à l'équateur; mais comme cette température varie sous l'influence de plusieurs causes locales, et surtout avec la hauteur, ces lignes sont toujours plus ou moins sinueuses. Toutefois sur les mers elles s'éloignent peu du parallélisme. On distingue encore des *lignes isothères* (d'égal été) et des *lignes isochimènes* (d'égal hiver). Enfin, on nomme *zone isotherme* l'espace compris entre deux lignes isothermes.

Les figures 1105 et 1106 représentent, d'après Humboldt, les sinuosités des lignes isothermes dans les deux hémisphères nord et sud, ceux-ci étant tracés en projection stéréographique sur le plan de l'équateur. Les lignes isothermes y correspondent aux températures moyennes de 5 en 5°, depuis — 15 jusqu'à + 25°. Au delà est l'*équateur thermique*, c'est-à-dire la ligne qui réunit tous les points ayant la température moyenne annuelle la plus haute. Cette ligne est marquée + 28°. On voit qu'elle n'est pas parallèle à l'équateur, mais s'en écarte dans le golfe d'Oman jusqu'à l'approche du parallèle de 15°; puis elle passe dans l'hémisphère sud aux îles Célèbes, s'approche des îles Salomon, et revient couper l'équateur par 157° de longitude occidentale.

A l'inspection de la figure 1105, on remarque qu'en se rapprochant du pôle nord les courbes isothermes s'allongent de plus en plus de l'est à l'ouest et qu'au delà de la ligne — 15° il y a dédoublement en deux courbes distinctes autour de deux points P, P', qu'on a nommés *pôles du froid*, et dont Arago a estimé par le calcul la température moyenne à — 25°. L'un de ces pôles est situé en Amérique, près des îles Parry, l'autre en Asie.

Les lignes isothermes de l'hémisphère sud sont moins connues que celles de l'hémisphère nord; la figure 1106 montre qu'elles sont plus régulières, ce qui résulte des vastes mers de l'hémisphère austral.

A l'aide des lignes isothermes, il est facile de suivre, à la surface de la terre, les zones caractérisées par la rigueur ou la douceur de leur température moyenne. Par exemple, la zone tempérée de + 10 à + 15°, qui en Europe est comprise entre les latitudes de 50 à 42°, est située dans l'Amérique du Nord entre les latitudes beaucoup plus méridionales de 40 à 36°.

1201. **Climats.** — On comprend sous le nom général de *climat* l'ensemble des conditions atmosphériques qui caractérisent une contrée : la température moyenne annuelle, les températures estivale et hibernale, l'humidité de l'air et du sol, les vents, la pression barométrique, la sérénité du ciel. Classés d'après leur température annuelle moyenne, les climats se divisent en sept principaux : 1° *climat brûlant*, de 27°,5 à 25°; — 2° *climat chaud*, de 25° à 20°; — 3° *climat doux*, de 20 à 15°; — 4° *climat tempéré*, de 15 à 10°; — 5° *climat froid*, de 10 à 5°; — 6° *climat très froid*, de 5° à zéro; — 7° *climat glacé*, au-dessous de zéro.

Ces climats se divisent eux-mêmes en *climats constants*, dont la différence de température entre l'hiver et l'été ne dépasse pas 6 à 8°; en *climats variables*, dont la même différence s'élève de 16 à 20°; et en *climats excessifs*, pour lesquels cette différence est plus grande que 30°. Les climats de Paris et de Londres sont variables; ceux de Pékin et de New-York, excessifs. Les climats des îles sont généralement peu variables, la température de la mer étant à peu près constante; de là encore la distinction en *climats marins* et en *climats continentaux*. Le caractère des climats marins est que la différence de température entre l'été et l'hiver est toujours beaucoup moindre que pour les climats continentaux. Du reste, comme on l'a vu ci-dessus, la température plus ou moins élevée n'est pas le seul caractère qui détermine les climats: ils le sont encore par le plus ou moins d'humidité de l'air, par la quantité et la fréquence des pluies, par le nombre des orages, par la direction et l'intensité des vents, enfin par la nature du sol. Ces causes réunies font que l'étude des climats, ou *climatologie*, est encore une science fort peu connue.

1202. **Distribution de la température à la surface du globe.** — La température de l'air, à la surface du globe, va en décroissant de l'équateur aux pôles; mais elle est soumise à des causes perturbatrices si nombreuses et tellement locales, que son décroissement ne paraît soumis à aucune loi générale. On ne peut jusqu'ici que constater, par des observations nombreuses, la température moyenne de chaque lieu.

Températures moyennes à diverses latitudes.

Abyssinie	31°,0	Paris	10°,8
Calcutta	28°,5	Londres	10°,4
Jamaïque	26°,1	Bruxelles	10°,2
Sénégal (Saint-Louis)	24°,6	Strasbourg	9°,8
Rio-Janeiro	23°,1	Genève	9°,7
Le Caire	22°,4	Boston	9°,3
Constantine	17°,2	Stockholm	5°,6
Naples	16°,7	Moscou	3°,6
Mexico	16°,6	Saint-Pétersbourg	3°,5
Marseille	14°,1	Mont Saint-Gothard	— 1°,0
Constantinople	13°,7	Mer du Groenland	— 7°,7
Pékin	12°,6	Ile Melvil	— 18°,7

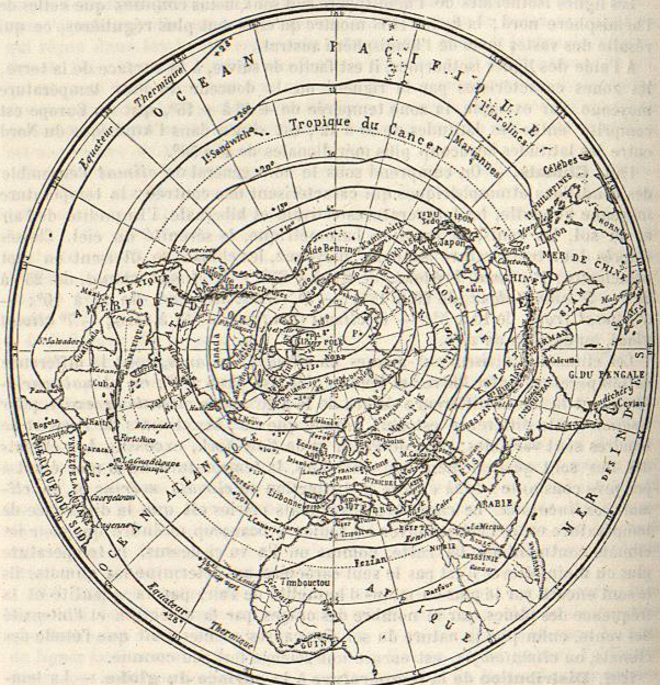

Fig. 1105.

Ces températures sont des moyennes; la plus haute température observée à la surface du globe a été de 47°,4, à Esné, en Égypte, et la plus basse, de

— 56°,7, à Fort-Reliance, au nord de l'Amérique : ce qui donne une différence de 104°,1 entre les températures observées sur différents points du globe.

La plus haute température observée à Paris a été de 40°, le 26 août 1765, et la plus basse de — 23°,5 le 23 janvier 1795.

1205. **Température des mers, courants marins.** — La température de la mer entre les tropiques est généralement à peu près la même, à la surface, que celle de l'air; dans les régions polaires, la mer est toujours plus chaude que l'atmosphère.

La température de la mer, sous la zone torride, est constamment de 26 à 27° à la surface; elle diminue quand la profondeur augmente, et, dans les régions tropicales comme dans les régions tempérées, la température de la mer à de grandes profondeurs se maintient entre 1°,7 et 3°,5. On explique la basse température des couches inférieures par l'effet des courants sous-marins qui portent vers l'équateur l'eau froide des mers polaires, tandis que des courants chauds, se dirigeant de l'équateur vers les pôles, atténuent l'intensité du froid dans ces latitudes élevées.

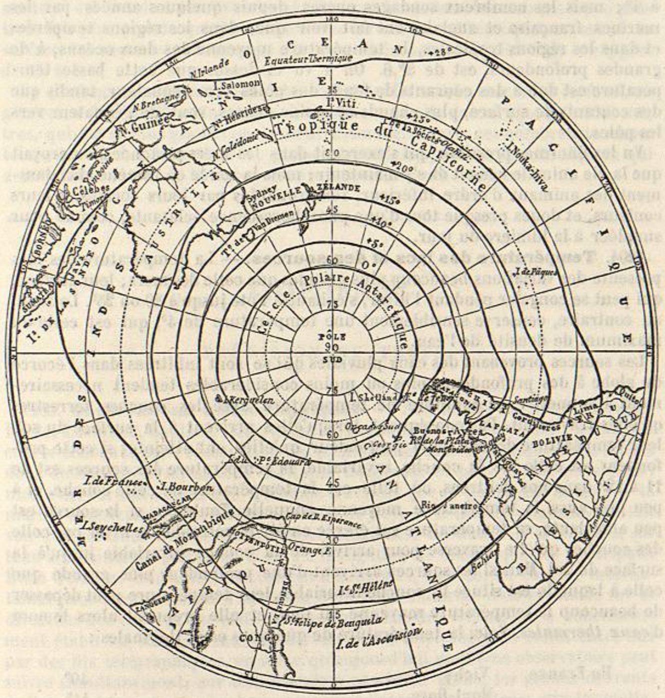

Fig. 1106.

Le plus important des courants marins est le *Gulf-Stream* (courant du golfe), découvert par Maury. Le parcours total de ce courant, aller et retour, est d'en-

viron 28 000 kilomètres, et sa largeur atteint en certaines parties jusqu'à plusieurs centaines de lieues. Les navigateurs le reconnaissent facilement à sa température, qui s'élève jusqu'à 22° et 27°. Traversant l'Atlantique de l'est à l'ouest, il atteint le cap Saint-Roch au nord du Brésil, suit les côtes de l'Amérique du Sud jusqu'au golfe du Mexique, dont il sort pour se diriger vers le nord. Arrivé au banc de Terre-Neuve, il se bifurque en deux courants secondaires, dont l'un gagne l'Islande et la Norvège pour aller se perdre dans la mer Glaciale; tandis que l'autre, revenant vers le sud, gagne le golfe de Gascogne, et retourne vers le tropique en longeant les côtes occidentales de l'Afrique.

Il existe aussi dans le Grand Océan Pacifique un grand courant marin se dirigeant du golfe du Bengale vers le détroit de Béring. Tous ces courants ont pour cause la différence de température et, par suite, de densité des eaux chaudes de la mer sous les tropiques et des eaux froides des mers glaciales, et aussi la direction des vents et la configuration des côtes et des bas-fonds.

On a longtemps admis qu'il existait au fond des mers une couche invariable à 4°; mais les nombreux sondages opérés depuis quelques années par les marines française et anglaise ont fait voir que, dans les régions tempérées et dans les régions tropicales, la température moyenne des deux océans, à de grandes profondeurs, est de 2°,6. On a vu ci-dessus que cette basse température est due à des courants de fond, des pôles vers l'équateur, tandis que des courants de surface, plus chauds et moins denses, vont de l'équateur vers les pôles.

Vu les énormes pressions qui s'exercent dans les mers profondes, on croyait que la vie animale cessait de s'y maintenir; mais la sonde en ramène abondamment des animaux d'ordre inférieur, remarquables par leurs formes et leurs couleurs, et doués presque tous d'une phosphorescence éclatante, comme pour suppléer à la lumière du jour.

1204. **Température des lacs et des sources.** — La température des lacs présente des variations beaucoup plus grandes que celle des mers; leur surface, qui peut se congeler pendant l'hiver, s'échauffe l'été jusqu'à 20 ou 25°. Le fond, au contraire, conserve sensiblement une température de 4°, qui est celle du maximum de densité de l'eau.

Les sources provenant des eaux pluviales qui se sont infiltrées dans l'écorce du globe à des profondeurs plus ou moins considérables tendent nécessairement à se mettre en équilibre de température avec les couches terrestres qu'elles traversent. Par conséquent, lorsqu'elles arrivent à la surface du sol, leur température dépend de la profondeur qu'elles ont atteinte; si cette profondeur est celle de la couche invariable, la température des sources est de 11 à 12° dans nos contrées, où telle est la température de cette couche, et à peu près aussi la température moyenne annuelle. Toutefois, si la source est peu abondante, sa température est élevée en été et refroidie en hiver par celle des couches qu'elle traverse pour arriver de la couche invariable jusqu'à la surface du sol. Mais si les sources arrivent d'une profondeur plus grande que celle à laquelle est située la couche invariable, leur température peut dépasser de beaucoup la température moyenne du lieu, et elle prennent alors le nom d'*eaux thermales*. Voici la température de quelques eaux thermales :

En France.	Vichy	40°
—	Mont-Dore	44°
—	Bourbonne	50°
—	Dax (Landes)	60°
—	Chaudes-Aigues	88°
En Amérique.	Trincheras, près de Puerto-Cabello	97°
En Islande.	Le Grand-Geyser, à 20 mètres de profondeur	124°

Par leur haute température, les eaux thermales acquièrent la propriété de dissoudre plusieurs des substances minérales qu'elles rencontrent dans leur trajet, et elles se désignent alors sous le nom d'*eaux minérales*. Les substances qu'elles tiennent en dissolution sont le plus souvent les acides sulfureux, sulfhydrique, chlorhydrique, sulfurique, et des sulfures, des hyposulfites, des sulfates, des carbonates, des chlorures, des iodures.

La température des eaux thermales n'est point modifiée, en général, par l'abondance des pluies ou par la sécheresse; mais elle l'est par les tremblements de terre, après lesquels on l'a vue quelquefois s'abaisser, d'autres fois s'élever.

1205. **Distribution des eaux à la surface du globe.** — La distribution des eaux à la surface du globe exerce une grande influence sur les climats. Les eaux présentent une superficie beaucoup plus grande que celle des continents, et leur distribution est très inégale dans les deux hémisphères. La surface du globe, en myriamètres carrés, étant de 5 100 000, on trouve que celle des mers et des lacs est de 3 700 000 myriamètres carrés, et celle des continents et des îles de 1 400 000, c'est-à-dire que la surface des eaux est à peu près trois fois plus grande que la surface des terres. Dans l'hémisphère austral, la surface des mers est plus grande que dans l'hémisphère boréal dans le rapport de 13 à 9.

La profondeur des mers est très variable. La sonde rencontre le fond, en général, à 300 ou 400 mètres; mais en pleine mer elle descend jusqu'à 9000 mètres, qui est la plus grande profondeur observée. D'après ces nombres, la masse totale des eaux, à la surface du globe, ne dépasse pas une couche liquide qui aurait 1000 mètres de hauteur et envelopperait toute la terre.

CHAPITRE III

PRÉVISION DU TEMPS.

1206. **Observations météorologiques.** — Dès la fin du siècle dernier, Borda, Lavoisier, Laplace, entrevirent la possibilité de la prévision du temps à courte échéance par l'observation des phénomènes météorologiques. Des études dans ce but furent faites plus tard par Humboldt et par d'autres physiciens; mais c'est surtout depuis une trentaine d'années que le lieutenant Maury, de la marine américaine, et le contre-amiral Fitz-Roy, de la marine anglaise, ont fait voir l'importance d'observations météorologiques, continues et combinées, sur tous les points du globe, et c'est à l'instigation de Maury que les principaux États d'Europe et d'Amérique tinrent à Bruxelles, en 1853, un congrès international pour s'entendre sur l'adoption d'un plan uniforme d'observations sur la direction des vents et sur celle des courants marins. Depuis on a successivement établi un vaste réseau d'observatoires météorologiques reliés entre eux par des fils télégraphiques, en sorte qu'aujourd'hui un même observatoire peut suivre simultanément, sur une immense partie du globe, les grands courants de l'atmosphère, et prévoir plusieurs jours à l'avance les contrées vers lesquelles ils se dirigent.

1207. **Signes du temps.** — Les *signes* ou *pronostics du temps* sont : la direction et la force du vent à diverses altitudes, la hauteur du mercure dans le baromètre, la température de l'air, son état hygrométrique, l'état du ciel, et enfin les mouvements de l'aiguille aimantée.

Observés isolément et dans une seule localité, ces signes seraient incertains; ce n'est que par des observations simultanées, sur une grande étendue de pays, qu'on peut arriver à des résultats qui méritent confiance. Les signes qu'on doit surtout consulter sont a direction du vent et la hauteur du baromètre.

1208. **Pronostics tirés des vents et des tourbillons.** — L'étude de la force et de la direction des vents est une des plus importantes pour les pronostics du temps; c'est elle qui est la base des prévisions fournies par les observatoires.

On sait que la direction des vents se détermine par les girouettes; mais celles-ci ne donnent la direction des vents qu'à la surface du sol. Les nuages seuls et les ballons marquent la direction dans les hautes régions, et en même temps la vitesse. Il est à observer toutefois que la vitesse apparente des nuages est d'autant plus faible qu'ils sont plus élevés, et que leur direction précède souvent celle donnée par les girouettes.

Limitant ici à l'Europe et surtout à la France l'étude de l'influence des vents, remarquons qu'outre les grands courants équatoriaux et polaires, étudiés précédemment (1168), il existe dans l'Atlantique nord un vaste courant aérien qui souffle de l'Amérique du Nord vers l'Europe. Il atteint celle-ci au nord des Iles Britanniques, où il se transforme en vent du nord-ouest et en vent du nord, à mesure qu'il s'étend sur le continent. Sa vitesse moyenne est de 36 kilomètres à l'heure, mais elle varie avec les saisons.

Par suite de la rencontre des courants équatoriaux avec le courant atlantique nord, il se produit presque constamment, dans la masse de ce dernier, des mouvements tournants qu'on désigne sous le nom de *tourbillons*, et qui, déviant vers le sud avec le courant atlantique, se font sentir depuis le nord de la Norvège jusque sur les côtes de Portugal.

Par l'effet de leur mouvement tournant, les tourbillons aspirent l'air froid des hautes régions de l'atmosphère, et, cet air froid condensant les vapeurs contenues dans le courant équatorial, il en résulte que les tourbillons sont toujours accompagnés de pluie. Un tourbillon isolé étant de courte durée, il en est de même de la pluie qui l'accompagne; mais si plusieurs tourbillons se succèdent sans interruption, ce qui est fréquent, on a des pluies prolongées.

Dans l'Europe occidentale, ce sont principalement le courant de l'Atlantique et les tourbillons qui s'y forment qui occasionnent les changements dans l'atmosphère, et ce sont eux qui donnent naissance aux bourrasques et aux tempêtes si fréquentes en hiver sur nos côtes nord-ouest. C'est pourquoi l'art de la prévision du temps, surtout pour le nord et l'ouest de la France, consiste à suivre d'une manière continue la marche de ces grandes perturbations atmosphériques sur la mer du Nord et sur la Baltique.

1209. **Pronostics tirés de la hauteur du baromètre.** — 1° *Variations normales de la hauteur barométrique.* — Lorsqu'on observe le baromètre pendant plusieurs jours, on remarque que sa hauteur varie en chaque lieu, non seulement d'un jour à l'autre, mais encore dans une même journée.

L'*amplitude des variations*, c'est-à-dire la différence moyenne entre la plus grande et la plus petite hauteur, n'est pas partout la même. Elle croît de l'équateur vers les pôles. Les variations maxima, sauf les cas extraordinaires, sont de 6 millimètres sous l'équateur, de 30 sous le tropique du Cancer, de 40 en France, à la latitude moyenne, et de 60 à 25 degrés du pôle. Enfin, les plus fortes variations ont lieu en hiver.

On nomme *hauteur moyenne diurne* le nombre qu'on obtient en faisant la somme de vingt-quatre observations successives du baromètre, prises d'heure en heure, et en divisant cette somme par 24. Ramond a constaté qu'*à notre latitude la hauteur du baromètre à midi est sensiblement égale à la moyenne du jour.*

La *hauteur moyenne mensuelle* s'obtient en additionnant les hauteurs moyennes diurnes pendant un mois, et en divisant la somme par 30.

Enfin, la *hauteur moyenne de l'année* se détermine en ajoutant les hauteurs moyennes de chaque jour pendant un an, et en divisant la somme par 365.

On a découvert qu'en chaque lieu *la moyenne annuelle est constante*, mais qu'elle varie d'un lieu à un autre. Si l'on réduit au niveau de la mer ces moyennes annuelles, on met en évidence une variation exclusivement due à la latitude. Sous l'équateur, la moyenne annuelle, au niveau des mers, est $0^m,758$. Elle croît à partir de l'équateur, et atteint, entre les latitudes de 30 à 40 degrés, un maximum de $0^m,763$. Elle décroît dans les latitudes plus élevées, et à Paris elle n'est que de $0^m,7568$.

La *hauteur moyenne générale, au niveau des mers*, est de $0^m,761$.

Les moyennes mensuelles ne sont pas constantes en un même lieu; elles sont plus fortes en hiver qu'en été. Cela est une conséquence du refroidissement de l'atmosphère.

Quant aux observations barométriques faites dans une même journée, elles offrent deux sortes de variations : 1° les *variations accidentelles*, qui n'ont aucune régularité dans leur marche, et qui dépendent des saisons, de la direction des vents et de la position géographique : ce sont celles qu'on observe, principalement et presque exclusivement, dans les climats tempérés; 2° les *variations diurnes*, qui se produisent périodiquement à certaines heures de la journée.

A l'équateur et dans les régions intertropicales, on n'observe pas de variations accidentelles; mais les variations diurnes s'y produisent avec une telle régularité, qu'*un baromètre y peut servir d'horloge.* D'après Humboldt, le baromètre baisse depuis midi jusqu'à environ quatre heures : *il atteint alors un minimum*, puis remonte et *atteint un maximum* vers dix heures du soir; puis il baisse de nouveau *jusqu'à un second minimum*, qu'il atteint vers quatre heures du matin; enfin il remonte et *atteint un second maximum* vers dix heures. L'amplitude de l'oscillation de nuit est de $0^{mm},84$, tandis que celle du jour est beaucoup plus grande : elle va jusqu'à $2^{mm},55$.

Dans les zones tempérées, il y a aussi des variations diurnes; mais elles sont plus difficiles à constater qu'à l'équateur, parce qu'elles sont continuellement masquées par les variations accidentelles. Cependant on les a mises nettement en évidence en comparant un grand nombre de moyennes d'observations faites aux différentes heures de la journée.

Les heures des maxima et des minima des variations diurnes paraissent être les mêmes dans tous les pays, quelle que soit la latitude; seulement elles varient un peu avec les saisons.

2° *Application des indications barométriques.* — On a déjà vu la relation qui existe entre la hauteur du mercure dans le baromètre et le beau ou le mauvais temps (205), relation qui fait du baromètre l'instrument le plus précieux pour les pronostics du temps; car la hausse ou la baisse n'a pas lieu au moment des changements de temps, mais les précède de 48 heures et plus.

Pour tirer du baromètre tout le parti qu'il peut rendre, on doit tenir compte de l'altitude du lieu où l'on observe, puisque sa hauteur moyenne, qui est de 761 millimètres au niveau de l'Océan, diminue à mesure qu'on s'élève. En outre, il faut tenir compte du mouvement ascendant ou descendant du mercure. En effet, si on lit, par exemple, la hauteur de 750 millimètres, elle n'a pas la même signification suivant qu'elle succède à 745 ou à 755 : dans le premier cas, le baromètre marche vers le beau temps, dans le second vers le mauvais temps.

La vitesse et la direction du vent ont aussi une grande influence sur la hauteur du baromètre. Sous l'équateur, où l'air est animé d'un mouvement ascendant, la pression est faible; sous les tropiques, où le courant d'air est descen-

dant, sa vitesse acquise, refoulant le mercure, le fait monter. Enfin les mouvements tournants étudiés ci-dessus sous le nom de tourbillons sont toujours précédés et suivis d'une forte hausse, tandis qu'en leur partie centrale on observe une baisse d'autant plus prononcée que le mouvement tournant est plus rapide et embrasse une plus grande étendue de pays.

Outre les variations de pression atmosphérique qui résultent des variations de température, la hauteur du baromètre est donc soumise à de nombreuses causes accidentelles. Quoi qu'il en soit, *une forte baisse est toujours le pronostic d'une grave perturbation dans l'atmosphère.* Cependant le beau temps et le calme s'observent encore quand le baromètre est bas, mais alors ils sont de courte durée.

Le baromètre peut être haut par tous les vents; mais c'est par le vent du nord qu'on observe les plus grandes hauteurs moyennes, et par le vent du sud les plus faibles. Enfin, toutes les variations brusques du baromètre, dans un sens ou dans l'autre, sont de courte durée, et annoncent, en général, le mauvais temps.

L'observation du baromètre n'est pas utile seulement aux marins, elle l'est aussi aux cultivateurs. Pour les premiers, ce qu'il importe de prévoir, c'est la direction et la force du vent, pour les seconds c'est l'état du ciel, c'est-à-dire la probabilité de pluie ou de sécheresse. Il est donc à désirer que l'usage du baromètre pénètre dans nos campagnes. « Un jour viendra, dit M. Marié-Davy, où chaque village aura son baromètre communal comme il a son horloge, et où le cultivateur le consultera chaque jour à la rentrée des champs, ou avant d'entreprendre son travail. »

1210. **Pronostics tirés du thermomètre et de l'hygromètre.** — Les pronostics tirés de ces instruments sont loin de valoir ceux qu'on tire du baromètre et des girouettes. Cependant leurs indications ne sont pas à négliger. Par exemple, l'hiver, le vent soufflant entre le nord et l'est, si le thermomètre est un peu au-dessous de zéro, et si l'hygromètre marque l'humidité, il y a grande probabilité de neige. En été, lorsque à la baisse du baromètre se joint une chaleur accablante, qu'en même temps l'hygromètre est à l'humidité et que des cumulus se montrent à l'horizon, on est menacé d'un orage.

1211. **Pronostics tirés des mouvements de l'aiguille aimantée.** — D'après les observations de M. Marié-Davy, la boussole doit être rangée parmi les instruments propres à donner des indications utiles sur les probabilités des changements de temps. Voici, en effet, comment s'exprime ce savant dans l'*Annuaire météorologique de* 1876, page 179 : « De l'étude que nous en avons commencée avec M. Descroix, il résulte déjà que les perturbations, ou de moindres anomalies, constatées dans la déclinaison, accusent presque toujours, et plusieurs jours à l'avance, le passage d'une bourrasque un peu forte dans le nord-ouest de l'Atlantique, ou l'arrivée des vents pluvieux. On peut donc ainsi être mis sur ses gardes, sauf à demander à d'autres signes l'indication, soit de la marche que suivra la tempête, soit de la région d'Europe sur laquelle s'étendront les pluies. »

1212. **Pronostics fournis par le spectroscope.** — M. Piazzi Smyth, à Édimbourg, en observant l'atmosphère avec le spectroscope, a reconnu, dans le spectre de la partie basse du ciel, une bande particulière, qui, lorsqu'elle se montre, est un pronostic de pluie encore plus certain que les indications du baromètre. Le savant astronome a fait cette remarque pour la première fois, à Palerme, en 1872. Depuis, il l'a répétée en France et à Édimbourg. C'est surtout en été que M. Smyth trouve le spectroscope efficace pour annoncer la pluie; en hiver, il préfère le baromètre.

FIN.

PROBLÈMES DE PHYSIQUE

AVEC SOLUTIONS

DONNÉS COMME SUJETS DE COMPOSITION A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS ET DANS LES FACULTÉS DE PROVINCE

Objet et résolution des problèmes de physique. — Les problèmes de physique proposés dans les examens sont, en général, de véritables problèmes d'algèbre dans lesquels c'est une loi physique qui lie les quantités connues à l'inconnue.

Que les données d'un problème soient représentées en lettres ou en chiffres, sa résolution se compose toujours de deux opérations bien distinctes : 1° *la mise en équation du problème*, c'est-à-dire la traduction en équation de la relation existant entre l'inconnue du problème et les quantités connues; 2° *la résolution de l'équation.*

La seconde opération, tout algébrique, exige la connaissance des opérations et des règles algébriques. La mise en équation demande avant tout la connaissance des lois de la physique. Le principe de physique dont le problème est une application étant connu, on n'aura qu'à appliquer la règle générale de Lacroix pour la mise en équation des problèmes d'algèbre :

Représenter la quantité que l'on cherche par une lettre, puis, raisonnant sur cette lettre absolument comme si la quantité qu'elle représente était connue, indiquer successivement, sur elle et sur les quantités connues du problème, la même série d'opérations qu'on aurait à effectuer pour vérifier l'inconnue si elle était trouvée.

PESANTEUR, GRAVITATION UNIVERSELLE.

I. — Pendant combien de temps doit tomber un corps dans le vide, pour acquérir, à Paris, une vitesse de 600 mètres, qui est celle d'un boulet de canon?

De la formule $v = gt$ on tire $t = \frac{v}{g}$, d'où, en remplaçant g et v par leurs valeurs, on a

$$t = \frac{600}{9{,}8088} = 61^s{,}16.$$

II. — Quel est le temps nécessaire à un corps pour tomber, dans le vide, d'une hauteur de 1000 mètres?

De la formule $e = \frac{1}{2} gt^2$ (86) on tire $t = \sqrt{\frac{2e}{g}} = \sqrt{\frac{2000}{9{,}8088}} = 14^s{,}28.$

III. — Un projectile étant lancé verticalement de bas en haut dans le vide, avec une vitesse initiale de $245^m{,}22$, on demande après quel temps le mobile s'arrêtera pour retomber, et à quelle hauteur il s'élèvera.

Soient a la vitesse initiale imprimée au mobile et t la durée de l'ascension ; la pesanteur agissant pendant ce temps comme force retardatrice, diminue la vitesse a d'une quantité égale à g en une seconde, et d'une quantité gt au bout-