

LIVRE IX

ÉLECTRICITÉ A L'ÉTAT STATIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

PRINCIPES FONDAMENTAUX.

610. **Électricité, hypothèses sur sa nature.** — L'électricité¹ est un agent physique puissant, dont la présence se manifeste par des attractions et des répulsions, par des apparences lumineuses, par des commotions violentes, par des décompositions chimiques et par un grand nombre d'autres phénomènes. Les causes qui développent de l'électricité sont le frottement, la pression, les actions chimiques, la chaleur, le magnétisme et l'électricité elle-même.

Le philosophe Thalès, six cents ans avant l'ère chrétienne, avait déjà remarqué la propriété qu'a l'ambre jaune frotté d'attirer les corps légers. En parlant de cette substance, Pline dit : « Quand le frottement lui a donné la chaleur et la vie, elle attire les brins de paille, comme l'aimant attire le fer. » Mais là se bornèrent les connaissances des anciens sur l'électricité. Ce n'est qu'à la fin du xvi^e siècle, que Gilbert, médecin de la reine Élisabeth, à Londres, appela de nouveau l'attention des physiciens sur les propriétés de l'ambre jaune, en faisant voir que beaucoup d'autres substances peuvent aussi acquérir la propriété attractive par le frottement. L'impulsion une fois donnée, les découvertes se succédèrent aussi nombreuses que rapides. Les savants qui, depuis Gilbert, ont plus particulièrement contribué aux progrès de l'électricité, sont Otto de Guericke, Dufay, Æpinus, Franklin, Coulomb, Volta, Davy,

1. Le mot *électricité* vient du grec *ήλεκτρον*, qui signifie succin, ou ambre jaune, parce que c'est sur cette substance qu'on a observé, pour la première fois, la propriété de développer de l'électricité par le frottement. L'ambre jaune, qui ne se rencontre plus qu'à l'état fossile, a beaucoup de rapport avec la résine *copal*. On le trouve surtout sur les rivages de la mer Baltique, où il est rejeté par les flots, et aussi sur les côtes de Sicile.

Ersted, Ampère, Schweigger, Seebeck, MM. de la Rive, Faraday et Becquerel. C'est à ce dernier savant et à Davy qu'est due presque toute l'électro-chimie.

Malgré les nombreux travaux dont l'électricité a été l'objet, on ne connaît point l'origine ni la nature de cet agent. De même que pour le calorique, la lumière et le magnétisme, les physiciens en sont réduits à des hypothèses. Newton pensait que la production de l'électricité était le résultat d'un principe éthéré mis en mouvement par les vibrations des particules des corps. L'abbé Nollet, se fondant sur les effets lumineux et calorifiques de l'électricité, la regardait comme une modification particulière du calorique et de la lumière. Nous ferons connaître bientôt (617) la théorie de Symmer, dans laquelle on admet l'existence de deux fluides électriques, et celle de Franklin, dans laquelle on n'admet qu'un seul fluide.

611. **Électricité statique et électricité dynamique.** — Abstraction faite de toute hypothèse, l'étude de l'électricité se partage en deux grandes divisions, comprenant : l'une, les phénomènes que présente l'*électricité statique* ou en repos ; l'autre, ceux que présente l'*électricité dynamique* ou en mouvement. A l'état statique, l'électricité a surtout pour cause le frottement ; elle s'accumule alors à la surface des corps et s'y maintient en équilibre à un état de *tension* qui se manifeste par des attractions et par des étincelles. A l'état dynamique, l'électricité résulte principalement d'actions chimiques, et traverse les corps sous forme de *courant*, avec une vitesse comparable à celle de la lumière. Elle se distingue alors de l'électricité statique particulièrement par des phénomènes chimiques et par ses rapports avec le magnétisme.

Nous traiterons d'abord de l'électricité statique, en considérant plus particulièrement celle qui est développée par le frottement, et nous dirons qu'un corps est *électrisé* quand il possède la propriété d'attirer les corps légers, ou de produire des effets lumineux.

612. **Développement de l'électricité par le frottement.** — Un grand nombre de substances, quand on les frotte avec un morceau de drap ou avec une peau de chat, acquièrent la propriété d'attirer les corps légers, comme les barbes de plume, les brins de paille. Cette propriété se remarque surtout dans l'ambre jaune, la cire à cacheter, la résine, la gutta-percha, le soufre, le verre, la soie.

Un corps solide peut aussi s'électriser par le frottement avec un liquide ou un gaz : dans le vide barométrique, le mouvement du mercure électrise le verre ; un tube vide d'air, dans lequel on a renfermé quelques globules de mercure, devient lumineux dans l'obscurité lorsqu'on agite le mercure. Quant aux gaz, Wilson avait trouvé qu'un courant d'air dirigé sur une tourmaline, du verre, de

la résine, électrisait ces substances positivement; mais M. Faraday a reconnu depuis qu'il n'y a d'effet électrique qu'autant que l'air est humide, ou tient en suspension des poudres sèches.

Le frottement ne paraît pas d'abord développer d'électricité sur plusieurs substances, et particulièrement sur les métaux; car si, tenant d'une main une barre de métal, on la frotte avec un morceau de drap, on ne remarque aucune trace d'attraction lorsqu'on

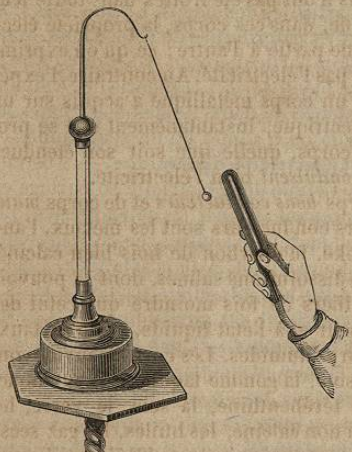


Fig. 470.

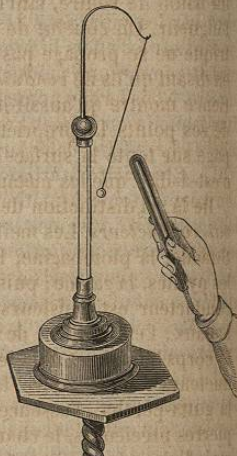


Fig. 471.

la présente au pendule électrique (613). Il ne faudrait pas en conclure que les métaux ne s'électrisent point par le frottement; c'est là, en effet, une propriété générale pour tous les corps, mais qui ne se manifeste pour beaucoup d'entre eux, ainsi qu'on le verra bientôt (615), qu'autant qu'ils sont placés dans des conditions convenables.

On ignore la cause du développement de l'électricité par le frottement. Wollaston l'a attribué à une oxydation, mais Gray avait fait voir avant lui que le frottement développe de l'électricité dans le vide, et Gay-Lussac a reconnu qu'il peut aussi en développer dans l'acide carbonique sec.

613. **Pendule électrique.** — On reconnaît qu'un corps est électrisé au moyen de petits instruments qu'on nomme *électroscopes*, et dont le plus simple est le *pendule électrique* (fig. 470). Cet appareil consiste en une petite balle de moelle de sureau suspendue, par un fil de soie, à un support à pied de verre. Lorsqu'on approche un

corps électrisé, la petite balle est d'abord attirée (fig. 470), puis repoussée aussitôt qu'il y a eu contact (fig. 471).

614. **Corps conducteurs et corps non conducteurs.** — Lorsqu'on présente au pendule électrique un bâton de cire à cacheter frotté par un bout, on remarque qu'il n'attire que par l'extrémité qui a été frottée; celle qui ne l'a pas été ne donne aucun signe, soit d'attraction, soit de répulsion. Il en est de même avec un tube de verre, un bâton de soufre, tant qu'ils n'ont pas été frottés dans toute leur longueur. On conclut de là que, dans ces corps, la propriété électrique ne se propage pas d'une partie à l'autre; ce qu'on exprime en disant qu'ils ne *conduisent* pas l'électricité. Au contraire, l'expérience montre qu'aussitôt qu'un corps métallique a acquis sur un de ses points la propriété électrique, instantanément elle se propage sur toute la surface du corps, quelle que soit son étendue; c'est-à-dire que les métaux *conduisent* bien l'électricité.

De là, la distinction de corps *bons conducteurs* et de corps *mauvais conducteurs*. Les meilleurs conducteurs sont les métaux, l'antracite, la plombagine, le coke, le charbon de bois bien calciné, les pyrites, la galène; puis les dissolutions salines, dont le pouvoir conducteur est plusieurs milliers de fois moindre que celui des métaux; l'eau à l'état de vapeur et à l'état liquide, les végétaux, le corps humain et tous les corps humides. Les corps mauvais conducteurs sont le soufre, la résine, la gomme laque, le caoutchouc, la gutta-percha, l'essence de térébenthine, la soie, le verre, les pierres précieuses, le charbon non calciné, les huiles, les gaz secs; mais l'air et les gaz sont d'autant moins isolants (615), qu'ils sont plus humides. Du reste, le degré de conductibilité des corps ne dépend pas seulement de la substance dont ils sont formés, mais encore de leur température et de leur état physique. Par exemple, le verre, qui est très-mauvais conducteur à la température ordinaire, conduit lorsqu'il est chauffé au rouge. De même la gomme laque et le soufre perdent en partie la propriété d'isoler lorsqu'on les chauffe. L'eau, qui conduit très-bien à l'état liquide, est mauvais conducteur à l'état de glace sèche. Le verre pulvérisé et la fleur de soufre conduisent assez bien.

615. **Corps isolants, réservoir commun.** — Les corps mauvais conducteurs ont reçu le nom de *corps isolants*, ou *d'isoloirs*, parce qu'on les emploie comme supports lorsqu'il s'agit de conserver à un corps conducteur son électricité. Cette condition est indispensable, car la terre étant formée de substances qui conduisent l'électricité, aussitôt qu'un corps conducteur électrisé communique avec elle par un autre corps conducteur, l'électricité s'écoule immédiatement dans le sol, qu'on nomme, à cause de cela, *réservoir com-*

mun. On isole un corps en le soutenant sur des pieds de verre, en le suspendant à des cordons de soie, ou en le posant sur des gâteaux de résine. Toutefois les plus mauvais conducteurs n'isolent jamais complètement, d'où il résulte que tout corps électrisé perd toujours plus ou moins lentement son électricité au travers des supports sur lesquels il repose; il y a, en outre, déperdition par la vapeur d'eau qui est dans l'air, et c'est ordinairement la déperdition la plus abondante.

C'est à cause de leur grande conductibilité qu'on ne peut obtenir d'électricité sur les métaux par le frottement, si l'on n'a soin de les isoler et de les frotter avec un corps non conducteur, comme la soie et le taffetas ciré. Mais si l'on satisfait à ces conditions, les métaux s'électrisent très-bien par le frottement. Pour le démontrer, on fixe un tube de cuivre jaune à un manche de verre (fig. 472),



Fig. 472 ($l = 50$).

et, tenant ce dernier à la main, on frotte le tube métallique avec un morceau de soie ou de taffetas ciré; en l'approchant ensuite du pendule électrique, on observe une attraction qui montre que le métal est électrisé. Si l'on tient le métal à la main, il y a bien encore production d'électricité, mais elle se perd immédiatement dans le sol.

On donnait anciennement aux corps isolants le nom de corps *idio-électriques* (propres à l'électricité), parce qu'on les croyait seuls doués de la propriété de s'électriser par le frottement, et aux corps bons conducteurs, le nom de corps *anélectriques* (privés d'électricité). Aujourd'hui qu'on sait que tous les corps s'électrisent par le frottement, ces dénominations ne doivent plus être usitées.

616. **Distinction de deux espèces d'électricités.** — On a vu (613) que, lorsqu'on présente au pendule électrique un tube de verre frotté avec un morceau de drap, il y a attraction d'abord, puis répulsion aussitôt après le contact. Les mêmes effets se produisant avec un bâton de cire à cacheter frotté de la même manière, il semble d'abord, dans ces deux expériences, que l'électricité développée sur le verre soit identique avec celle qui est développée sur la résine. Or, en poussant plus loin l'observation, on reconnaît qu'il n'en est pas ainsi. En effet, le tube de verre et le bâton de résine ayant été électrisés comme il vient d'être dit, si, tandis que le pendule électrique est repoussé par le verre, on approche la résine, celle-ci attire vivement la balle de sureau; de même, si au pendule repoussé par la résine après qu'il l'a touchée, on présente le tube de verre, on observe une forte attraction: c'est-à-dire qu'un corps

repoussé par l'électricité du verre est attiré par l'électricité de la résine; et réciproquement, un corps repoussé par l'électricité de la résine est attiré par celle du verre.

Se fondant sur les faits qui viennent d'être décrits, Dufay, physicien français, reconnu, le premier, en 1734, l'existence de deux électricités de nature différente: l'une qui se développe sur le verre quand on le frotte avec de la laine, l'autre qui se développe sur la résine ou sur la cire d'Espagne quand on les frotte avec un morceau de drap ou une peau de chat. La première a reçu le nom d'*électricité vitrée*, la seconde celui d'*électricité résineuse*.

617. **Théories de Symmer et de Franklin.** — Pour expliquer les effets contraires que présente l'électricité à l'état d'électricité vitrée et à celui d'électricité résineuse, Symmer, physicien anglais, a admis deux *fluides électriques*, chacun agissant par répulsion sur lui-même et par attraction sur l'autre. Selon ce physicien, ces fluides existent dans tous les corps à l'état de combinaison, formant ce qu'on nomme le *fluide neutre* ou le *fluide naturel*. Différentes causes, qui sont surtout le frottement et les actions chimiques, peuvent les séparer, et c'est alors qu'apparaissent les phénomènes électriques; mais ces fluides ont une grande tendance à se réunir pour former de nouveau du fluide neutre.

Les deux fluides électriques se désignent sous les noms de *fluide vitré* et de *fluide résineux*. On leur donne aussi ceux de *fluide positif* et de *fluide négatif*, expression empruntée à une théorie due à Franklin. Ce physicien, qui ne considérait qu'un seul fluide agissant par répulsion sur ses propres molécules et par attraction sur celles de la matière, admettait que tous les corps contiennent, à l'état latent, une quantité déterminée de ce fluide: quand elle augmente, les corps sont électrisés *positivement*, et possèdent les propriétés de l'électricité vitrée; quand elle diminue, les corps sont électrisés *négativement*, et présentent les propriétés de l'électricité résineuse. La dénomination d'*électricité positive*, ou de *fluide positif*, équivaut donc à celle d'*électricité vitrée*; et la dénomination d'*électricité négative*, ou de *fluide négatif*, à celle d'*électricité résineuse*. L'électricité positive se représente par le signe + (*plus*), et l'électricité négative par le signe - (*moins*); en se fondant sur ce qu'ainsi qu'en algèbre, en ajoutant + a à - a on a zéro, de même en donnant à un corps qui possède déjà une certaine quantité d'électricité positive, une quantité égale d'électricité négative, on obtient l'état neutre.

La théorie de Symmer sur les deux fluides électriques se prête avec une grande simplicité à l'explication des phénomènes: aussi est-elle généralement admise dans les écoles, du moins en France.

Cependant on ne doit point oublier que ce n'est là qu'une hypothèse. D'ailleurs, il faut bien avouer tout ce qu'a de vague cette dénomination de *fluide* appliquée aux causes de la chaleur, de la lumière, du magnétisme et de l'électricité. Qu'est-ce, en effet, qu'un fluide? quelle est sa nature? Aucun physicien n'a donné rien de précis à ce sujet. On doit donc se borner à regarder l'hypothèse des deux fluides électriques comme exprimant deux états dans lesquels l'électricité se présente sous l'aspect de deux forces égales et contraires tendant à se faire équilibre. « Il est bien probable, dit M. de La Rive dans son *Traité d'électricité*, que l'électricité, au lieu de consister en un ou deux fluides spéciaux, n'est que le résultat d'une modification particulière dans l'état des corps; modification qui dépend probablement de l'action mutuelle qu'exercent les uns sur les autres les particules pondérables de la matière et le fluide subtil qui les entoure de toutes parts, qu'on désigne sous le nom d'*ether*, et dont les ondulations constituent la lumière et la chaleur. » — Plus loin, le même physicien ajoute: « Tous les phénomènes des électricités positive et négative peuvent probablement être expliqués par l'action et la réaction d'une force capable d'être manifestée, à divers degrés, dans différentes substances, plus simplement que par l'hypothèse des fluides impondérables. Les deux forces opposées de l'électricité ressemblent en fait à l'action et à la réaction, en ce qu'elles s'accompagnent toujours. »

618. **Actions des corps électrisés les uns sur les autres.** — L'hypothèse de deux espèces d'électricités admise, les effets d'attraction et de répulsion que présentent les corps électrisés (616) se résument dans l'énoncé du principe suivant, qui sert de base à la théorie de tous les phénomènes que nous offre l'électricité statique:

Deux corps chargés de la même électricité se repoussent, et deux corps chargés d'électricités contraires s'attirent; mais ces attractions et ces répulsions n'ont lieu qu'en vertu de l'action des deux électricités entre elles, et non en vertu de leur action sur la matière.

619. **Loi de l'électrisation par le frottement.** — Lorsqu'on frotte ensemble deux corps de nature quelconque, le fluide neutre de chacun est décomposé, et toujours *l'un des corps prend le fluide positif, et l'autre le fluide négatif.*

Pour le démontrer, on communique au pendule électrique une électricité connue, et on lui présente séparément les deux corps frottés, qui doivent être isolés dans le cas où ils sont conducteurs. Par exemple, deux disques, l'un de verre poli, l'autre de métal ou de bois recouvert d'une rondelle de drap (fig. 473). Tenant ces disques par deux manches de verre isolants auxquels ils sont fixés,

on les frotte vivement l'un contre l'autre et on les sépare ensuite brusquement. Or, l'un des deux attire la balle de sureau, et l'autre la repousse; ce qui montre qu'ils sont chargés d'électricités contraires. De plus, ils le sont en quantité égale; car si on les présente au pendule tandis qu'ils sont en contact, il n'y a ni attraction, ni répulsion: ce qui prouve que les deux électricités se font équilibre.

L'électricité développée sur un corps, par le frottement, varie avec la nature du corps frotté. Le verre poli, frotté avec de la laine, s'électrise positivement; frotté de la même manière, le verre dépoli s'électrise négativement. L'espèce d'électricité développée dépend aussi de la nature du frottoir. Les substances ci-

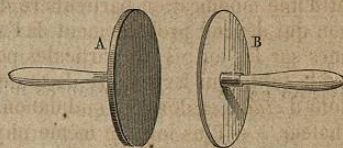


Fig. 473.

après s'électrisent positivement lorsqu'elles sont frottées par celles qui les suivent, et négativement quand elles le sont par celles qui les précèdent: peau de chat, verre poli, laine, plume, bois, papier, soie, gomme laque, résine, verre dépoli.

L'espèce d'électricité dégagée par le frottement dépend encore du degré de poli, du sens des frictions et de la température. En effet, si l'on frotte l'un contre l'autre deux plateaux de verre inégalement polis, c'est celui dont la surface est la plus polie qui prend l'électricité positive; l'autre s'électrise négativement. Si l'on frotte en croix, l'un sur l'autre, deux rubans de soie blanche pris dans la même pièce, celui qui est frotté transversalement s'électrise négativement, et l'autre s'électrise positivement. Quand on frotte l'un contre l'autre deux corps de même substance, dont la surface a le même degré de poli, mais dont la température est différente, c'est la substance la plus échauffée qui prend le fluide négatif. En général, c'est le corps dont les molécules peuvent se déplacer plus facilement qui s'électrise négativement.

620. **Diverses sources d'électricité.** — Outre le frottement, les causes qui peuvent développer de l'électricité sont la pression, le clivage, les actions chimiques et la chaleur.

Æpinus, le premier, constata le développement de l'électricité par la pression; Libes, depuis, montra qu'en pressant légèrement sur un disque de bois recouvert de taffetas gommé, un disque de métal isolé à l'aide d'un manche de verre, ce dernier disque s'électrise négativement. Haüy fit voir ensuite que le spath d'Islande s'électrise positivement lorsqu'on le presse un instant entre les doigts, et que ce cristal conserve l'état électrique pendant plu-

sieurs jours. Il reconnut la même propriété dans plusieurs espèces minérales ; mais M. Becquerel a trouvé qu'elle appartient à tous les corps, même à ceux qui sont conducteurs, pourvu qu'ils soient isolés. Le liège et le caoutchouc, pressés l'un contre l'autre, prennent, le premier, l'électricité positive, le second, l'électricité négative. Un disque de liège, pressé sur une orange, emporte avec lui une quantité considérable de fluide positif, lorsqu'on interrompt vivement le contact ; mais si l'on n'enlève que lentement le disque de liège, la quantité d'électricité est très-faible ; ce qui provient de ce que les deux fluides séparés sur les deux corps par la pression se recomposent en partie au moment où elle cesse. C'est par cette raison que l'effet est nul quand les substances pressées sont toutes les deux conductrices de l'électricité.

M. Becquerel a encore observé que le *clivage*, c'est-à-dire la division naturelle des substances minérales cristallisées, peut être une source d'électricité. Si l'on clive rapidement une feuille de mica dans l'obscurité, on observe une faible lueur phosphorescente. Pour s'assurer que le phénomène a bien pour cause l'électricité, M. Becquerel a fixé, avant leur séparation, chaque lame à un manche de verre ; les séparant ensuite rapidement et les présentant au pendule électrique ou à un électroscope à feuilles d'or (633), il a trouvé qu'elles possèdent une électricité contraire.

Le talc feuilleté et toutes les substances cristallisées, peu conductrices, s'électrisent aussi par le clivage. En général, toutes les fois qu'on sépare deux molécules, chacune d'elles prend une espèce d'électricité différente, à moins que le corps auquel elles appartiennent ne soit bon conducteur, car alors la séparation ne peut être assez rapide pour s'opposer à la recomposition des deux électricités. C'est au phénomène que nous venons de décrire qu'il faut rapporter la lumière que répand le sucre quand on le casse dans l'obscurité.

Quant à l'électricité dégagée par les actions chimiques ou par la chaleur, elle sera étudiée plus tard.

CHAPITRE II.

MESURE DES FORCES ÉLECTRIQUES.

621. **Lois des attractions et des répulsions électriques.** — Les actions mutuelles qui s'exercent entre les corps électrisés sont soumises aux deux lois suivantes :

1^o *Les répulsions et les attractions entre deux corps électrisés sont en raison inverse du carré de la distance.*

2^o *A distance égale, ces mêmes forces sont en raison composée des quantités d'électricité que possèdent les deux corps.*

Première loi. — Ces deux lois ont été démontrées par Coulomb au moyen de la balance de torsion, déjà employée pour la démonstration des lois des attractions et des répulsions magnétiques (608). Elle se compose d'une cage cylindrique de verre d'environ 30 centimètres de diamètre. Sur son contour est collée une bande de papier qui porte une graduation en 360 degrés. La cage est fermée par un plateau de verre, au centre duquel s'élève un tube *d* de même matière. Ce tube n'est point fixé invariablement au plateau, mais peut tourner librement sur lui-même. A sa partie supérieure est une garniture de laiton qui porte un petit disque *e* divisé, comme la bande de papier, en 360 degrés, et mobile autour de la verticale qui passe par son centre. Sur une pièce *a*, fixée à la garniture, est un trait qui sert à marquer de combien de degrés on tourne le disque. Au centre de ce dernier est un petit bouton qui tourne avec lui,

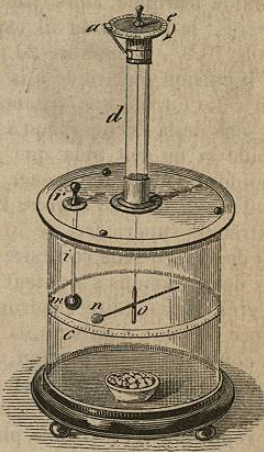


Fig. 474 ($h = 0$).

et dont le pied pince le bout d'un fil très-fin, de platine ou d'argent, auquel est suspendue une aiguille de gomme laque *on*, terminée par un disque de clinquant *n*. Enfin, le plateau de verre est percé d'un trou *r* par lequel on introduit dans la cage un tube de verre *i*, qui porte une boule de laiton *m*. Ajoutons que la distance entre cette boule et le clinquant *n* se mesure par l'arc gradué *c*, compris de *m* à *n*, les angles d'écart que l'on considère étant assez petits pour que l'on puisse remplacer les cordes par leurs arcs.

Pour démontrer la première loi ci-dessus, on commence par dessécher l'air qui est dans l'appareil, afin de diminuer la déperdition de l'électricité, ce qu'on obtient en plaçant sous la cage, pendant plusieurs jours, une capsule remplie de chaux vive. Lorsque l'air est complètement desséché et que le zéro du disque *e* correspond au repère *a*, on tourne le tube *d* jusqu'à ce que l'aiguille *on* soit dirigée vers le zéro du cercle gradué *c*, position à laquelle correspond la boule *m* lorsqu'elle est dans la cage. Reti-