

COMPTES RENDUS
HEBDOMADAIRES
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME SOIXANTE-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1869.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1869

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1869.

PRÉSIDENTE DE M. CLAUDE BERNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. CHEVREUL fait hommage à l'Académie de l'Atlas qui doit accompagner son « Histoire des principales opinions que l'on a eues de la nature chimique des corps, de l'espèce chimique et de l'espèce vivante ». (Extrait du tome XXXVIII des *Mémoires de l'Académie des Sciences*.)

ASTRONOMIE. — *Examen de la discussion soulevée au sein de l'Académie des Sciences, au sujet de la découverte de l'attraction universelle* [suite (1)]; par **M. LE VERRIER**. [Extrait par l'Auteur (2).]

« En nous limitant avec soin aux intérêts astronomiques, nous avons précisé l'état de la question en litige. Il nous faut maintenant étudier les faits de l'histoire connus, les assertions qu'on leur oppose, et peser mûrement les arguments produits de part et d'autre, afin de prononcer en connaissance de cause.

(1) Voir la séance du lundi 21 juin, t. LXVIII, p. 1425.

(2) L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

vertement une main étrangère à l'orthographe italienne; X° que Galilée n'a jamais écrit *vno* (ligne 13^e) en mettant la lettre *v* à la place de *u*, mais qu'au contraire il met toujours *u* au lieu de *v*; XI° que *scuelo*, comme on lit clairement dans la photographie (ligne 17^e), mot qui n'est pas italien, n'est pas un *lapsus calami* que l'on puisse attribuer à Galilée non plus qu'à tout autre Italien, pour peu qu'il soit lettré, et que Galilée a écrit *squole*, selon l'orthographe de son temps, mettant *q* au lieu de *c*; XII° que le mot *soggiug-nerò* (lignes 27^e, 28^e), ainsi divisé dans les deux lignes et absolument contraire à l'orthographe de son temps, n'a été certainement pas divisé ainsi par Galilée, qui aurait écrit *soggiugnerò*; XIII° que le mot *replique* (ligne 31^e), qui, dans la photographie, a été originairement écrit *replique* et après corrigé, comme il paraît encore clairement, trahit, à n'en pas douter, la contrefaçon faite par une main française; XIV° que la forme *del l'animo*, que l'on voit à la ligne 36^e, est tout à fait étrangère à Galilée, et qu'on n'en trouve pas un seul exemple dans ses autographes; XV° que dans la photographie on ne trouve jamais d'accent sur les mots qui doivent en avoir un grave sur la syllabe dernière, comme, par exemple, *potrò, andrò, parrà, città*, etc., que Galilée ne manquait jamais d'écrire, en quoi il paraît presque évidemment que la falsification a été faite par un Français; XVI° que dans les lettres autographes de Galilée on ne trouve le nom de l'adresse à la fin de la page qu'une seule fois, et dans une lettre en forme de mémorial adressé au Grand-Duc; XVII° enfin que, dans l'écriture photographiée, en général on remarque la gêne et l'indécision dans le port de la main, qui provient de l'imitation; que la plus grande part des lettres est sans liaison, contrairement à l'usage de Galilée; que dans la forme même des lettres on observe assez de différences pour en conclure que l'écriture représentée dans la photographie n'est certainement pas de Galilée; ce qui est évidemment prouvé par la comparaison immédiate d'un autographe authentique et de la photographie.

Après ces remarques, les soussignés ont unanimement convenu de déclarer que *l'écriture attribuée à Galilée et reproduite par la photographie n'est pas de lui*; et qu'il paraît presque certain que la contrefaçon a été faite sur l'imprimé de la dernière édition.

BERTI DOMENICO, MILANESI GAETANO, BERTI PIETRO, BIGAZZI PIETRO.

Fait, rédigé et souscrit en présence du Directeur de la Bibliothèque Nationale, qui approuve le contenu de cette expertise et légalise en même temps la signature des experts ci-dessus soussignés.

Le Directeur de la Bibliothèque Nationale,

GRANESTINI,

Ancien Député, Membre de la Royale Commission d'Histoire
près du Ministère de l'Instruction publique.

Le Secrétaire,

REMBADI DOMENICO.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Nouvelles études sur les propriétés des corps explosibles;*
par M. F.-A. ABEL. [Extrait (1).]

« La rapidité plus ou moins grande avec laquelle une matière explosive change d'état, la nature et les résultats de cette transformation sont autant

(1) L'Académie a décidé que cet Extrait, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait inséré en entier au *Compte rendu*.

d'éléments qui peuvent se modifier si l'on fait varier les circonstances dont le concours assure la production de l'action chimique.

» I. La poudre-coton offre un exemple frappant des moyens à l'aide desquels cette diversité d'effets peut être obtenue. Si l'on enflamme à l'air libre, par le contact ou par l'action à petite distance d'une source de chaleur d'au moins 135 degrés centigrades, un flacon de coton-poudre non comprimé ou même une grande quantité de coton-poudre en laine, la déflagration est rapide, presque instantanée; un bruit sourd accompagne le changement d'état, qui se traduit en une production de gaz et de vapeur, parmi lesquels les oxydes d'azote se trouvent en proportion considérable. Emploie-t-on le coton-poudre sous forme de fil non retors, de tissu ou de papier, la rapidité de la combustion à l'air libre s'atténue en raison directe de la compacité et du degré de torsion des fils, et cela, qu'il s'agisse de matière tissée ou de coton brut. Si, à l'aide de la pression, on transforme le coton en une masse compacte, homogène, solide, la combustion marche plus lentement encore. On peut même la ralentir au point de lui donner toute l'apparence d'un feu qui couve sans jamais flamber; il suffit pour cela d'opérer sur une petite quantité de coton-poudre réduit à l'état de fil fin ou de masse rendue compacte par la compression, et de le soumettre à l'action d'une source de chaleur dont la température soit à la fois assez puissante pour déterminer le changement d'état de la matière, et assez peu élevée pour ne pas enflammer les produits de la décomposition (hydrogène, oxyde de carbone, etc.).

» Si l'on allume le coton-poudre dans une atmosphère raréfiée, les mêmes causes rendent la décomposition d'autant plus lente et plus incomplète que le vide est plus parfait.

» Si l'on retarde, au contraire, le dégagement des gaz dus à la combustion en enflammant du coton-poudre préalablement renfermé, soit dans une enveloppe ou sac de papier, soit dans un récipient imparfaitement clos, la déperdition de chaleur n'a point lieu tant que les gaz n'ont point développé une pression suffisante pour se frayer un passage au travers de l'enveloppe ou par l'ouverture du vase; de leur réclusion plus ou moins longue naît une explosion plus ou moins violente, et le résultat final est une décomposition plus ou moins parfaite du coton-poudre.

» II. D'autres corps et même d'autres mélanges explosibles subissent l'influence des circonstances qui président à leur décomposition, mais les différences sont en général moins sensibles.

» Une petite quantité de fulminate d'argent, renfermée dans une boîte métallique à parois épaisses donne lieu à une détonation beaucoup plus forte que celle qui est produite par l'explosion de la même dose enflammée de la même manière, soit dans une enveloppe de clinquant, soit à l'air libre. En opérant sur l'iodure d'azote, on augmente notablement la violence de l'explosion en renfermant la matière dans une sorte d'obus en plâtre de Paris; l'expérience est plus caractéristique encore en renfermant l'iodure dans une feuille de métal. Le chlorure d'azote, au contraire, offre cette particularité de ne détoner que faiblement tant qu'il n'est pas à l'abri du contact de l'air; et si ce corps passe universellement pour le plus redoutable des agents détonants connus, il semble que cette réputation soit due à la manière dont les expériences ont été constamment faites, c'est-à-dire à la manipulation sous l'eau. Placez trois ou quatre gouttes de chlorure d'azote (environ 0^{gr}, 14) sur un verre de montre, recouvrez-les d'une couche d'eau très-mince, et vous obtenez, par le contact d'un peu de térébenthine, une explosion si violente, que le verre est pour ainsi dire réduit en poussière. Répétez la même expérience en opérant sur la même quantité, mais en laissant la surface supérieure au contact de l'air libre, presque jamais le verre n'est brisé. Voici des expériences qui ont été faites avec succès. On verse 2 grammes de chlorure d'azote dans un verre de montre; on recouvre le liquide d'une couche d'eau très-mince, et on fait reposer le tout sur un petit cylindre solide de papier mâché, placé sur un pavé. Le contact d'un peu de térébenthine détermine une explosion violente; le verre est pulvérisé, le cylindre complètement brisé, les débris projetés dans toutes les directions. Si l'on opère ensuite sur 4 grammes de chlorure d'azote placés dans les mêmes conditions, mais sans addition d'eau, l'explosion obtenue est relativement faible, le verre se brise, il est vrai, mais le cylindre ne supporte aucune atteinte; il reste immobile à sa place primitive. La même expérience, enfin, répétée en recouvrant les 4 grammes de chlorure d'une mince couche d'eau, amène la destruction complète du cylindre qui servait de support. Que conclure de ces effets, sinon que, dans le cas où la décomposition du chlorure d'azote est instantanée, la résistance offerte par l'eau développe l'intensité de la force explosive, et remplit vis-à-vis du chlorure le même office que la feuille métallique vis-à-vis du fulminate d'argent, ou l'épaisse enveloppe de fer vis-à-vis de la poudre-coton et de la poudre ordinaire?

» III. Si l'on soumet à l'influence d'une source de chaleur suffisamment intense une portion de nitroglycérine, on obtient à l'air libre une inflamma-

tion et une combustion graduelles, que n'accompagne aucune explosion. Il arrive même, lorsque l'on met la nitroglycérine à l'abri du contact de l'air, que l'on rencontre une véritable difficulté pour faire naître et développer avec certitude la force explosive à l'aide d'une source de chaleur ordinaire. Mais, si l'on soumet la matière à un choc brusque, comme celui d'un marteau vigoureusement frappé sur une surface dure, on obtient une explosion accompagnée d'une détonation violente, la nitroglycérine se comportant dans ce cas absolument comme la poudre-coton. Il est à remarquer, toutefois, que la seule portion du liquide qui détone est celle qui correspond exactement aux deux surfaces momentanément rapprochées par le choc. L'action du marteau sur l'enclume isole si bien une portion de la masse, que la décomposition instantanée de cette portion ne peut se propager, ou faire détoner dans les mêmes conditions les parties voisines exposées au contact de l'air.

» Je n'ai jamais réussi à faire détoner la nitroglycérine en la mettant simplement en contact avec un corps enflammé ou incandescent ; mais les expériences suivantes indiquent de quelle manière une source de chaleur peut déterminer l'explosion de cet agent chimique.

» Un fil de platine, immergé dans la nitroglycérine, recevait toute la puissance calorifique d'une pile. Après une minute environ, le liquide commença à prendre une teinte brunâtre rappelant celle d'une solution ferrugineuse chargée de vapeur nitreuse ; la couleur devint plus foncée d'instant en instant, sans que, cependant, on aperçût aucune vapeur rougeâtre à la partie supérieure du vase, jusqu'à ce qu'enfin, au bout de quatre-vingt-dix secondes environ, la nitroglycérine fit explosion avec une forte détonation.

» On tenta ensuite diverses expériences pour déterminer, à l'aide de l'étincelle électrique, l'explosion de la nitroglycérine. On plongea d'abord dans le liquide les extrémités libres de deux fils isolés, et, après les avoir rapprochés, on essaya de faire passer des décharges en employant la bouteille de Leyde. La force isolante du liquide empêche le passage de l'étincelle. Les fils furent ensuite disposés de manière à effleurer seulement la surface du liquide ; de fortes étincelles passèrent, mais elles ne produisirent aucun effet. On employa enfin une bobine de Ruhmkorff, renforcée d'une bouteille de Leyde, et, entre les deux pôles qui effleuraient la surface de la nitroglycérine, on fit passer sans interruption une série d'étincelles qui agitaient légèrement le liquide. Cette fois, après quelques secondes, la surface commença à noircir ; au bout de trente secondes, l'explosion se produisit.

» Il est cependant manifeste que, d'une part, on peut, à l'air libre, ob-

tenir l'explosion violente de la nitroglycérine et de toutes les préparations de cette substance, la dynamite, par exemple, au moyen de la détonation d'une petite charge de poudre ou d'autre substance explosible; tandis que, si l'on emploie seulement, d'après les indications de M. Nobel, une flamme ou un corps chaud, on ne parvient à déterminer l'explosion que dans des conditions particulières. Ne doit-on pas voir une différence marquée dans le mode d'action des deux espèces d'agents d'inflammation, et ne semble-t-il pas naturel de supposer que la chaleur développée par le changement d'état chimique de la poudre ou du fulminate n'est pas la seule cause agissante dans l'explosion du liquide?

» Dans le cas où le liquide fait explosion sous l'action d'une petite détonation, l'explosion générale est due dans une certaine mesure à l'*effet mécanique* de la détonation même. Cette cause, négligée jusqu'ici, peut à elle seule déterminer l'explosion de la nitroglycérine, indépendamment de toute action directe due à la chaleur que développe la combustion de la poudre ou du fulminate.

» IV. Si l'on expose à l'air libre une certaine quantité de coton-poudre comprimé, et si on l'enflamme simplement par l'approche d'un corps enflammé ou à une haute température, on n'observe qu'une combustion graduelle de la matière. Mais, si l'on met le feu au moyen d'une petite charge de poudre détonante, enflammée à proximité ou au contact, il se produit une explosion violente, accompagnée d'effets destructeurs égaux à ceux de la nitroglycérine. Ces effets sont incomparablement supérieurs à ceux du coton-poudre, quand on lui fait faire explosion dans les conditions considérées jusqu'ici comme étant les plus favorables au développement complet de sa force explosive. Bien plus, il arrive qu'en opérant sur une petite quantité de coton-poudre comprimé, l'explosion produite par les moyens indiqués plus haut est suffisante pour déterminer à son tour l'explosion de morceaux séparés de la même matière détonante. Un intervalle de 0,5 à 1 pouce, laissé entre la matière et l'amorce ou entre les différents morceaux, n'empêche pas les explosions successives d'avoir la même violence et les détonations multiples de paraître simultanées. Place-t-on sur le sol une rangée de 4 ou 5 pieds de long, formée de petits blocs de coton-poudre comprimé, il suffit, pour déterminer l'explosion générale, d'enflammer au contact du dernier morceau une petite fusée détonante. On dirait une seule explosion répartissant sa violence d'une manière uniforme sur tout son parcours.

» Les premières expériences tentées pour déterminer les conditions qui

seules peuvent développer avec certitude la force brisante de la poudre-coton, ou, en d'autres termes, pour assurer l'explosion de la matière lorsqu'elle n'est renfermée dans aucune enveloppe, conduisent aux observations suivantes :

» *a.* Si l'on prend du coton-poudre sous la forme de laine ou de fil de carret et que l'on introduise au milieu de la masse une petite charge de fulminate de mercure renfermée dans une enveloppe, on ne remarque pas, au moment de l'explosion du fulminate, la même puissance d'action que l'on eût observée, si le coton-poudre avait été réduit à l'état de masse compacte, dure, homogène; sous la forme enfin où on l'obtient à l'aide de la presse hydraulique. Le coton léger et non tassé est simplement dispersé dans toutes les directions; quelques parties prennent feu accidentellement; mais on remarque que la quantité ainsi dévorée par la combustion est d'autant moindre que la détonation produite par le fulminate est plus violente.

» *b.* Si l'on place au contact immédiat de coton-poudre en laine, ou en fil de carret, une petite masse de coton-poudre comprimée, et qu'on allume cette dernière à l'aide du fulminate de mercure, l'explosion ainsi produite ne se communique pas; le coton non comprimé ne subit qu'une inflammation partielle et est dispersé dans diverses directions. Les choses se passent exactement comme dans l'expérience précédente.

» *c.* Si la détonation de la charge de fulminate que l'on place au contact du coton-poudre comprimé n'est ni assez violente ni assez brusque pour déterminer l'explosion, la masse solide est simplement broyée par le choc, et les fragments sont dispersés par la force. Si l'importance de la détonation dépasse sensiblement la limite à laquelle se produit la désagrégation de la masse, il n'y a point d'inflammation. Si, au contraire, la détonation est relativement faible, quelques portions de coton-poudre comprimé s'enflamment au moment de la dispersion des fragments.

» *d.* Les substances explosibles qui détonent avec moins de vivacité que le fulminate de mercure, et qui sont, par suite, moins susceptibles d'une action instantanée, ne sauraient déterminer l'explosion violente de la poudre-coton à l'état de liberté, quand bien même on emploierait la matière détonante en quantités relativement considérables. C'est ainsi que la composition ordinaire des capsules, mélange de fulminate de mercure et de chlorate de potasse, ne peut donner de bons résultats qu'à la condition d'employer beaucoup plus de matière fulminante qu'il n'en faudrait en opérant avec le fulminate de mercure à l'état de pureté. Beaucoup d'autres mélanges détonants, dont l'explosion est moins vive et moins rapide encore,

ont été essayés sans succès, même en les employant en quantités considérables. Citons parmi ces agents chimiques, à l'aide desquels on cherche vainement à faire détoner le coton-poudre à l'air libre, les préparations fulminantes que l'on obtient en mélangeant le plus parfaitement possible avec le chlorate de potasse le ferrocyanure et le ferricyanure de potassium, le sulfure d'atimoinc ou le ferrocyanure de plomb, et le picrate de potasse.

» e. La quantité de fulminate de mercure dont on est obligé de charger l'amorce pour produire à l'air libre la détonation du coton-poudre dépend aussi de la solidité de l'enveloppe; car de la résistance de celle-ci résulte une accumulation de force qui augmente d'autant la vivacité de la détonation. Ainsi il faut de 1 à 2 grammes (de 20 à 30 grains), si le fulminate est renfermé dans une enveloppe de bois ou de papier enroulé, tandis qu'il suffit de 0^{gr},32 (5 grains) si l'enveloppe est en papier métallique mince.

» f. Il est presque superflu de dire que la distance à laquelle on doit placer l'amorce détonante qui détermine l'explosion de la poudre-coton dépend aussi de la puissance de la détonation que l'amorce renferme en elle-même. Ainsi, en opérant sur 0^{gr},35 (5 grains) de fulminate de mercure renfermés dans une enveloppe métallique, il faut placer cette amorce au contact immédiat du coton-poudre pour obtenir à l'air libre l'explosion de la matière; tandis que 1^{gr},33 (20 grains) employés de la même manière produisent un résultat identique, même en plaçant l'amorce à la distance de 0^{po},5 de la surface du coton-poudre.

» V. Ces faits semblent indiquer que c'est l'action mécanique produite par la détonation de l'amorce qui est la cause réelle de l'explosion à l'air libre du coton-poudre ou de la nitroglycérine; au moins démontrent-ils d'une manière péremptoire que l'explosion n'est pas uniquement due à l'action directe de la chaleur développée par le fulminate. En effet, si cette dernière cause suffisait à elle seule, les mélanges détonants tels que la composition des capsules et autres, dont la combustion dégage beaucoup plus de chaleur que celle du fulminate de mercure à l'état de pureté, ne manqueraient pas de produire l'explosion à l'air libre avec plus de facilité que ce dernier; ces mélanges devraient même agir d'autant plus facilement que les quantités employées seraient plus considérables: nous venons de voir qu'il n'en est rien. De plus, le coton-poudre devrait faire explosion bien plus volontiers à l'état floconneux ou en masses peu serrées que sous la forme compacte dont il est revêtu par une forte pression, car le premier état est plus favorable que le second à la perméabilité de la chaleur et à la rapidité de

son action : cependant, là encore nous observons le contraire. Enfin, puisque la nitroglycérine a pu, à l'aide de certaines précautions, supporter sans faire explosion la chaleur de 193 degrés C. (380 degrés F.), tandis que le coton-poudre s'enflamme à la température de 150 degrés, la chaleur effective de l'amorce détonante, indispensable pour provoquer l'explosion, devrait donc être notablement plus élevée pour la nitroglycérine que pour le coton-poudre. L'expérience démontre précisément le contraire. Il suffit, pour produire l'explosion de la nitroglycérine à l'air libre, d'une dose beaucoup plus faible de fulminate de mercure (un cinquième environ) que celle que requiert le coton-poudre. Bien plus, une certaine quantité de mélange à *capsule* renfermée dans une enveloppe suffit pour faire détoner la nitroglycérine, tandis que la même quantité de *fulminate pur* est tout à fait incapable de faire détoner le coton-poudre.

» VI. Comment ne pas voir, après des preuves si convaincantes, que l'action directe de la chaleur développée par l'amorce n'entre pour rien dans la violence des effets détonants de la nitroglycérine et du coton-poudre ?

» Les faits suivants paraissent justifier ces appréciations :

» a. Un agent chimique moins soudain et moins violent dans ses effets que le fulminate de mercure ne saurait déterminer l'explosion du coton-poudre à l'état libre. Ainsi des mélanges détonants, tels que la composition pour capsules, le mélange de chlorate et de picrate de potasse, et d'autres composés qui, sous le rapport de la puissance explosive, semblent marcher de pair avec le fulminate de mercure, ne parviennent pas à produire l'explosion du coton-poudre à l'air libre. C'est en vain qu'on les renferme dans une enveloppe; c'est en vain que l'on opère sur des quantités décuples de celle qui serait nécessaire en employant le fulminate de mercure : tous les efforts échouent.

» b. D'un autre côté, la nitroglycérine qui, sous l'action d'un choc, détone bien plus facilement que le coton-poudre, peut faire explosion sous l'action d'une matière détonante moins violente que le fulminate. On obtient un succès complet en opérant avec la composition pour capsules, et il suffit d'en employer la *moitié* environ de ce qu'il faudrait au minimum de *fulminate pur* pour obtenir l'explosion du coton-poudre dans les mêmes conditions.

» c. Si l'on augmente la vivacité détonante du fulminate de mercure en l'enfermant dans une enveloppe très-persistante, il suffit, pour produire la détonation du coton-poudre, d'employer une quantité bien moindre que

si le fulminate était à l'air libre ou entouré d'une enveloppe qui n'offrirait qu'une faible résistance initiale.

» *d.* Lorsque le coton-poudre est soumis à une action détonante, les conditions de son état moléculaire exercent une influence matérielle sur le résultat obtenu. Il faut, pour faciliter l'explosion, que la matière soit sous forme de masse compacte et très-dense de manière à offrir une grande résistance au déplacement moléculaire.

» VII. On peut citer cependant certains faits constatés et quelques résultats d'expériences spécialement faites pour élucider ces points, qui ne semblent pas être en harmonie avec l'hypothèse qui attribue *simplement* la détonation de la nitroglycérine et du coton-poudre, dans les conditions ci-dessus indiquées, à *la vivacité* avec laquelle la force mécanique se développe et agit. Voici quelques-uns des faits les plus importants qui se rattachent à cet ordre d'idées.

» *a.* En voyant que certains corps dont la détonation est moins soudaine que celle du fulminate de mercure sont incapables de déterminer l'explosion du coton-poudre, que ce dernier fait détoner sans difficulté, on serait en droit de supposer que le fulminate d'argent, dont la détonation, produite dans les mêmes conditions, est plus soudaine que celle du fulminate de mercure, doit faire détoner la poudre-coton avec plus de facilité encore. On est par conséquent porté à supposer que, pour produire des résultats identiques, il doit falloir moins de fulminate d'argent que de fulminate de mercure. Les faits ne justifient pas cette prévision. L'effet du premier corps équivaut à celui du second, mais ne lui est aucunement supérieur. La quantité minima de fulminate de mercure nécessaire pour faire détoner le coton-poudre est $0^{\text{gr}}, 324$ (5 grains), et encore deux précautions sont-elles nécessaires : on doit renfermer le fulminate dans une feuille de métal (fer-blanc), et placer l'amorce ainsi préparée immédiatement au contact du coton-poudre. La même quantité de fulminate d'argent, renfermée dans une feuille de clinquant, donne bien lieu, il est vrai, à une détonation aussi sèche que la précédente, malgré la différence d'épaisseur de l'enveloppe; mais le coton-poudre ne fait pas explosion, même alors qu'il touche l'amorce et la recouvre de tous côtés. Il y a seulement déchirement de la masse et dispersion des fragments. Mais, si l'on enferme $0^{\text{gr}}, 3$ de fulminate d'argent dans une capsule de fer-blanc, le coton-poudre fait explosion.

» *b.* On a fait des expériences sur l'iodure d'azote, qui est, de toutes les matières explosibles connues, l'une des plus sensibles et semble aussi

être une des plus violentes dans ses effets. Au point de vue de la vivacité de la détonation, l'impressionnabilité du fulminate d'argent n'approche point de celle de l'iodure d'azote; encore moins est-elle comparable à celle du chlorure d'azote, quoique sous le rapport de l'effet mécanique, c'est-à-dire au point de vue de l'action destructive locale, les deux composés de l'azote soient infiniment moins redoutables que le fulminate d'argent employé dans les mêmes conditions.

» On a fait de nombreuses tentatives infructueuses pour faire détoner le coton-poudre sous l'action de l'iodure d'azote. On a placé d'abord, avec précaution, sur le coton-poudre comprimé, des disques d'iodure d'azote du poids de 0^{gr}, 20 à 0^{gr}, 35. Ces disques étaient parfaitement desséchés et reposaient sur du papier ou sur des feuilles de carton très-mince. On mit le feu en touchant l'iodure avec l'extrémité d'une longue baguette. L'explosion de l'amorce désagrégea plus ou moins la masse du coton-poudre, mais ne le fit point détoner. Comme l'on avait constaté, qu'en renfermant l'iodure dans une enveloppe on augmentait notablement la violence de l'explosion, on prépara de petits projectiles creux et on les chargea avec la matière explosible. Dans une petite coupe de plâtre de Paris, on enferma 1 gramme environ d'iodure d'azote encore humide, puis on enveloppa le tout dans une masse sphérique de même plâtre, de telle sorte que l'iodure d'azote se trouvait enveloppé dans une écorce solide dont la paroi avait environ 0^{po}, 3 d'épaisseur.

» Ces préparatifs terminés, on laissa tomber les petits projectiles d'une hauteur variant de 4 à 20 pieds sur des blocs de coton-poudre comprimé. L'iodure détona, mais ne produisit point d'autre effet que de désagréger les masses sur lesquelles il faisait explosion.

» On remplit ensuite de 1 gramme d'iodure d'azote encore humide des tubes de cuivre courts et épais, ouverts à l'une de leurs extrémités, et on les ferma avec de solides tampons de plâtre ou de papier buvard. Lorsque l'iodure se fut entièrement débarrassé de son humidité au travers des pores des tampons, on déposa avec précaution les cylindres chargés sur des disques de poudre-coton comprimée qui se trouvaient eux-mêmes placés précisément au-dessous de tubes de fer verticaux de 20 pieds de hauteur. On laissa tomber un poids dans l'intérieur de ces tubes. Sous le choc, les cylindres de cuivre firent violemment explosion, et leurs débris furent projetés de tous côtés, mais le coton-poudre ne fit pas explosion. Le même résultat négatif se reproduisit à plusieurs reprises, bien que l'on eût porté la charge des cylindres jusqu'à 1^{gr}, 5 de matière détonante.

» On aggloméra à l'état humide 6^{gr}, 5 (100 grains) d'iodure d'azote et on

l'amoncela en un petit tas à la surface supérieure d'un disque de coton-poudre comprimé de 1^{re},25 de diamètre.

» Au bout de cinq jours, on fit détoner l'iodure. La détonation ne détermina pas l'explosion du coton-poudre, mais, comme dans le premier cas, le disque fut refoulé contre le fond de la capsule de cuivre de telle manière qu'il s'y moula et prit toutes les empreintes des rugosités. Et cependant le coton-poudre était parfaitement sec, on s'en assura. L'expérience prouvait de la façon la plus évidente l'impossibilité d'obtenir l'explosion du coton-poudre, même en employant la quantité relativement considérable de 6^{re},5 d'iodure d'azote.

» c. Les expériences qui suivirent eurent pour objet de comparer, au point de vue de la propriété de faire détoner le coton-poudre, le chlorure d'azote et les autres matières explosibles déjà citées. On plaça d'abord sur un verre de montre 0^{re},65 de chlorure (1), que l'on recouvrit d'une pellicule d'eau mince. Le verre de montre était placé sur un disque de coton-poudre qui reposait lui-même sur le sol. On fit détoner le chlorure d'azote à l'aide d'une longue baguette mouillée de térébenthine, à l'une de ses extrémités. Le verre fut brisé en mille pièces, mais le coton-poudre ne subit qu'une désagrégation moléculaire de peu d'étendue. Un gramme de chlorure (15,4 grains) employé dans les mêmes conditions ne détermina point davantage l'explosion; la désagrégation moléculaire fut seulement beaucoup plus considérable. Deux grammes (31 grains), employés pareillement, n'eurent pas plus de succès, seulement le disque de coton-poudre fut complètement broyé et les morceaux dispersés dans toutes les directions. La même quantité de chlorure enflammée à l'air libre, sans pellicule d'eau, brisa en petits morceaux le verre de montre qui la contenait, mais elle produisit si peu d'effet sur le coton-poudre, que le disque ne fut même pas déplacé par l'explosion. On revint enfin aux conditions premières, c'est-à-dire à l'emploi d'une petite couche d'eau et l'on opéra sur 3^{re},25 (50 grains) de chlorure; cette fois le coton-poudre fit explosion sous l'action de la détonation du liquide.

» On recommença cette dernière expérience avec une quantité de chlorure que l'on jugea être la même que la précédente; mais, contrairement aux prévisions, le coton-poudre ne fit pas explosion; il fut simplement désagrégé et éparpillé; le résultat fut absolument semblable à celui que l'on

(1) Les poids de chlorure d'azote employé ont été estimés approximativement en déterminant les poids des volumes égaux d'un liquide possédant la même densité.

avait obtenu, en opérant sur une quantité de fulminate de mercure légèrement inférieure à celle qui est nécessaire pour déterminer sûrement l'explosion du coton-poudre. Il paraît donc naturel d'admettre que 3^{gr}, 25 de chlorure d'azote recouverts d'eau représentent à peu près la quantité minima qui suffit à produire le même effet que 0^{gr}, 32 de fulminate de mercure renfermé dans une enveloppe métallique.

» Les expériences précédentes ne confirment pas l'opinion qui attribue à l'*instantanéité* ou à la vivacité de la détonation le pouvoir de favoriser, indépendamment de toute autre cause, le développement à l'air libre de la force explosive du coton-poudre. Le fulminate d'argent détone plus vivement que le fulminate de mercure: cependant on n'a pas constaté qu'il fallût pour provoquer l'explosion du coton-poudre une moins grande quantité du premier fulminate que du second. L'explosion de l'iodure ou du chlorure d'azote est certainement plus soudaine que celle de l'un des deux fulminates, employés à l'air libre. Et cependant on n'a pas réussi à faire détoner le coton-poudre avec 6^{gr}, 5 d'iodure placés au contact; de plus, ce n'est qu'avec 3^{gr}, 24 de chlorure recouvert d'eau que l'on a pu obtenir le résultat que donnent facilement 0^{gr}, 32 de l'un des deux fulminates renfermés dans une enveloppe, ou 2 grammes de fulminate de mercure enflammé à l'air libre.

» VIII. Nous avons observé, néanmoins, au-milieu de beaucoup d'expériences relatées dans ce Mémoire, quelques effets curieux qui présentaient l'apparence de véritables anomalies. On est naturellement conduit à rechercher si, dans la commotion ou, si l'on veut, dans la vibration puissante que produisent certaines détonations, il n'y aurait pas quelque chose de particulier, quelque action spéciale, distincte de la force mécanique produite par l'explosion, et dont le rôle consisterait à provoquer dans un corps détonant, placé à proximité, une décomposition moléculaire instantanée, qui est accompagnée du phénomène de l'explosion.

» Les résultats obtenus en essayant de faire détoner le coton-poudre au moyen de la nitroglycérine, me semblent donner la consécration des faits aux idées qui se sont présentées fréquemment à mon esprit, lorsque je réfléchissais à plusieurs des expériences relatées dans le cours de ce Rapport. Ainsi, une explosion ou une détonation d'une certaine nature peut, en vertu d'une force particulière, provoquer, au moment où elle se produit, l'explosion également violente de masses distinctes de la même matière ou même d'autres matières explosibles placées à proximité. Cette force est peut-être

tout à fait indépendante de l'action directe de la force mécanique développée par l'explosion dont elle ne serait que l'auxiliaire. Certaines vibrations musicales déterminent des vibrations synchrones dans quelques corps et sont sans action sur d'autres. On peut provoquer la décomposition chimique de substances en leur faisant intercepter certaines ondes lumineuses. Il paraît que certaines explosions sont, à leur tour, accompagnées de vibrations assez puissantes pour troubler l'équilibre chimique de quelques corps en déterminant instantanément leur désagrégation moléculaire, tandis que d'autres explosions, tout en développant une force mécanique au moins égale ou supérieure, ne produisent aucun résultat.

» La force mécanique que développe l'explosion de 2^{gr},23 (50 grains) de chlorure d'azote dépasse de beaucoup celle que fait naître la détonation de 0^{gr},32 (5 grains) d'un fulminate quelconque enfermé dans une enveloppe solide. Et cependant, il faut employer les deux matières aux doses que nous venons de rappeler pour produire sur le coton-poudre des actions équivalentes. Pour obtenir le résultat voulu avec le chlorure d'azote, il est donc nécessaire d'augmenter beaucoup sa force mécanique, attendu qu'avec lui, cette force particulière que développe l'explosion du fulminate est beaucoup trop faible ou même fait complètement défaut.

» De même, la nitroglycérine dont l'explosion développe une force au moins égale à celle du fulminate détonant dans une enveloppe, est incapable de déterminer l'explosion du coton-poudre, à dose soixante-cinq fois plus considérable même que la dose de fulminate d'argent ou de fulminate de mercure qui produit à coup sûr la détonation. Ces faits ne semblent-ils pas démontrer qu'il existe une différence fondamentale dans le caractère des commotions, ou, si l'on veut, des vibrations produites par l'explosion des deux substances ?

» IX. Voici, à mon avis, du moins, l'explication la plus satisfaisante de ces différences extraordinaires que l'on remarque dans la manière de se comporter des différentes matières explosibles. Une explosion donnée est toujours accompagnée de vibrations : s'il y a synchronisme entre ces vibrations et celles que produirait, en détonant, un corps placé à proximité, qui se trouve dans un haut état de tension chimique, il résulte de cette corrélation que, dans ce dernier corps, les vibrations ont une tendance naturelle à se produire. C'est là la cause qui détermine l'explosion ou, si l'on veut, qui facilite, dans une certaine mesure, l'action perturbatrice et subite de la force mécanique. Si les vibrations, au contraire, sont d'un caractère dif-

fèrent, la force mécanique due à l'explosion du premier corps ne trouve dans le second qu'un auxiliaire faible ou inerte; on est obligé alors, pour provoquer l'explosion de ce dernier, d'employer le premier en proportions bien plus considérables, c'est-à-dire de s'assurer de prime abord une détonation beaucoup plus puissante.

» On aurait tort, d'après cela, d'être surpris en voyant l'explosion violente de certaines substances, telles que le coton-poudre et la nitroglycérine, se communiquer sans intervalle de temps appréciable à d'autres masses parfaitement séparées les unes des autres. Il n'est pas rare de voir se produire, avec toute l'apparence de la simultanéité, plusieurs explosions de masses de la même substance explosible, séparées et parfois très-distantes entre elles. Ainsi, dans la fabrication de la poudre, il est souvent arrivé, pendant le travail sous les meules, que plusieurs bâtiments séparés fassent simultanément explosion. Dans ce cas, c'est aux vibrations destructives produites par l'explosion initiale et communiquée avec rapidité aux masses contiguës de même composition chimique qu'il semble le plus naturel d'attribuer la simultanéité des explosions, bien plutôt qu'à l'action de la chaleur et de la force mécanique développée par la détonation initiale. Je n'ai point la prétention, en donnant cette explication, d'être le promoteur d'une idée nouvelle; mon but est simplement d'apporter, à l'appui d'une opinion qui a été déjà soutenue, le témoignage de faits consciencieusement étudiés.

» L'action subite d'une force mécanique, en quantité relativement très-faible, produit la décomposition violente de la nitroglycérine. Aussi, cette substance, qui ne peut, même à fortes charges, faire détoner le coton-poudre, détone très-facilement sous l'action de ce dernier. Il n'a pas été possible de déterminer la limite inférieure de la quantité de coton-poudre qui rend le résultat certain; il aurait fallu placer le coton-poudre presque au contact du liquide, et la charge de fulminate nécessaire pour faire détoner le coton-poudre aurait alors été plus que suffisante pour déterminer l'explosion de la nitroglycérine.

» X. Le coton-poudre faisant explosion, à l'air libre, sous l'influence d'une détonation, exerce une action destructive plus violente que si, en vase clos, on l'enflamme par la simple action de la chaleur. On a trouvé d'abondantes preuves du fait en opérant contre des roches diverses, et en comparant entre eux les effets destructifs produits par des charges placées sous l'eau. Avec des charges de coton-poudre logées dans des trous de mine

et enflammées au moyen de fusées détonantes, placées soit à l'intérieur des charges, soit au-dessous de leur surface, on obtient de très-grands effets de déchirement et de brisement sur des rocs durs et sur du bois, alors même que les trous de mine restent entièrement ouverts, ou sont seulement remplis de sable, de terre ou de poussière de roc non tassés. Si, au contraire, on enflamme avec des fusées ordinaires, les mêmes charges, placées dans les mêmes positions par rapport au roc, emprisonnées même par un bourrage qui ferme hermétiquement les trous de mine sur une grande épaisseur, celles-ci ne produisent que des résultats relativement bien moindres.

» Une Commission, chargée par le Gouvernement de s'occuper des obstacles flottants, a réalisé à Chatham tout un programme d'expériences, dont le but était de comparer entre elles les forces destructives de la poudre ordinaire et de la poudre-coton. Les charges étaient placées à côté de *targets* (1) submergées, et on faisait varier, d'après une loi déterminée, la force de l'enveloppe qui contenait l'une ou l'autre poudre, la profondeur de l'immersion au-dessous de la surface de l'eau, et la distance de l'obstacle.

» Des résultats obtenus, on peut conclure avec certitude que le coton-poudre renfermé dans une enveloppe suffisamment résistante pour développer toute la force explosive dont il est capable (et enflammée de la manière ordinaire) produit un effet destructif égal à celui que produirait une quantité environ cinq fois plus grande de poudre ordinaire.

» Tout récemment, quelques autres expériences ont été faites, comme complément des précédentes, avec des charges de coton-poudre renfermées dans des enveloppes de métal mince et enflammées à l'aide de fusées détonantes; dans ce cas on a trouvé que l'action exercée contre des *targets* verticales, placées à des distances considérables des charges, était de dix à douze fois plus grande que celle de la poudre ordinaire. Transmise à travers l'eau à une grande distance, la commotion résultant de faibles charges (2 à 3 livres) de coton-poudre donnait, par suite de cette nouvelle disposition, des résultats de beaucoup plus efficaces que ceux de charges de 20 à 25 livres de poudre ordinaire.

» Dans une série de travaux de mine que j'ai faits récemment à Allentheads avec le concours de M. Sopwith, nous opérions sur du roc dur, et les crevasses produites, les éclats détachés étaient bien plus considérables

(1) *Target* signifie un mur en bois, recouvert ou non d'une plaque de fonte, et qui sert pour le tir à la cible.

lorsqu'on enflammait le coton-poudre par détonation que lorsqu'on employait les moyens ordinaires. Avec ce dernier genre d'inflammation, les déplacements de masses et les projections de débris sont beaucoup moindres qu'avec le premier. De plus, si l'on opère dans un sol relativement mou et compressible comme du roc très-friable, de la craie ou de la pierre à chaux, le travail de déplacement produit est beaucoup moindre, lorsqu'on enflamme le coton-poudre par détonation, que lorsqu'on emploie les moyens ordinaires. Lorsque le coton-poudre fait explosion au milieu de ces matériaux, la force qui agit presque instantanément commence par désagréger et comprimer les masses environnantes, et se trouve, en grande partie, absorbée, quand arrive le moment où le mouvement pourrait se communiquer dans le sol au travers d'une masse considérable.

» XI. On trouve une autre preuve de la différence que présente, au point de vue de la rapidité, l'explosion de coton-poudre, suivant qu'elle est produite par une détonation ou par la simple application de la chaleur, dans la différence de phénomènes lumineux qui ont lieu dans les deux cas. La simple combustion est accompagnée d'un grand jet de flamme, dû à l'inflammation de l'oxyde de carbone, tandis qu'avec la détonation, il ne se produit qu'une lueur de courte durée, qu'il est difficile d'observer en plein jour, si l'on opère sur de petites quantités. Il semble que la transformation des corps solides en gaz soit trop soudaine pour que les gaz combustibles produits puissent s'enflammer.

» On sait que, pour assurer le succès d'une mine ordinaire, il est indispensable que la charge de poudre ordinaire ou de coton-poudre soit emprisonnée dans un trou, et que ce trou soit hermétiquement fermé au moyen d'un bourrage fait avec du roc pilé, de la terre ou d'autres matériaux compressibles, tassés avec force sur une longueur plus grande que la ligne de moindre résistance offerte à l'action de la charge. Au contraire, en enflammant, par détonation, une charge de coton-poudre, toutes ces précautions deviennent inutiles; l'effet destructif obtenu, en laissant le trou ouvert, n'est pas inférieur à celui que produirait la même charge emprisonnée: on peut donc supprimer complètement l'opération la plus dangereuse du travail des mines.

» De même, grâce à ce mode d'inflammation, il n'est plus nécessaire, pour opérer sous l'eau, de renfermer les charges de matières explosibles dans des enveloppes métalliques résistantes, et par suite incommodes, comme on a été obligé de le faire jusqu'à ce jour pour assurer le développement de

la force explosive. En renfermant une charge de coton-poudre dans un sac imperméable ou un vase de verre mince, et mettant le feu par détonation, on obtient un effet destructif plus considérable que celui que donnerait la même charge renfermée dans une forte enveloppe de fer et allumée par la simple action d'un corps enflammé. De petites quantités de coton-poudre, simplement posées sur la surface supérieure d'énormes blocs des rocs les plus durs, ou bien introduites librement dans leurs cavités naturelles, ou bien encore insérées dans des trous pratiqués dans des pièces de fonte de grandes dimensions, ont suffi pour briser les uns et les autres, aussi complètement que si l'on avait enfermé les mêmes charges dans le centre de la masse et qu'on les eût enflammées à la manière ordinaire.

» Enfin, la certitude, la facilité et la rapidité avec lesquelles on peut exécuter d'importants travaux militaires de destruction au moyen de coton-poudre enflammé par détonation ne sont pas les moindres avantages que l'on accorde maintenant à cette intéressante et remarquable matière explosive. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution physique du Soleil.* — Extrait d'une Lettre de **M. LOCKYER** à M. Dumas (1).

« J'ai observé, une heure après que vous m'avez quitté, le jour même de votre départ de Londres, des faits que vous trouverez, je pense, assez intéressants pour les présenter à l'Académie des Sciences. Je ferai en même temps quelques remarques sur des observations du P. Secchi publiées dans les *Comptes rendus*; ces observations soulèvent des difficultés qu'il importe d'éclaircir au plus tôt.

» Depuis la publication de ma Note à la Société Royale, j'ai vu que les injections de vapeur de magnésium, etc., dans la chromosphère, que j'avais observées dès le mois de février dernier, ont été reconnues plus tard par le P. Secchi (*Comptes rendus*, 31 mai). Mes dernières observations montrent que les phénomènes de tranquillité ou de trouble dans les couches supérieures de la photosphère finiront par acquérir une importance extrême.

» Les résultats que j'ai obtenus pendant le mois de mars peuvent se résumer de la manière suivante :

(1) L'Académie a décidé que cet Extrait, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait inséré en entier au *Compte rendu*.