

— M. Folie, inscrit au programme pour une lecture, est venu remplacer M. Schwann au bureau.

Voici cette lecture, intitulée : *Du commencement et de la fin du monde d'après la théorie mécanique de la chaleur* :

Si j'avais consulté mes goûts qui m'ont porté depuis quelques années vers l'étude de ces belles propriétés géométriques dont les Grecs s'occupaient avec prédilection, et qui, développées pendant la Renaissance, et surtout à l'époque des Pascal et des Newton, ont repris une grande faveur depuis près d'un demi-siècle, j'aurais cherché à retracer la part qui revient dans les découvertes dont la science s'est enrichie, aux géomètres belges des différents âges, et je vous aurais montré peut-être que les modernes n'ont pas tout à fait déshérité des Grégoire de Saint-Vincent et des Simon Stevin.

Mais pour voir les propriétés des figures géométriques par les seuls yeux de l'intelligence, il faut s'être familiarisé avec cette lecture par de longues études; et je craindrais fort de n'être qu'imparfaitement compris d'une partie de l'auditoire qui me fait l'honneur de m'écouter si j'abordais un semblable thème. J'ai donc dû y renoncer, et j'ai pris pour sujet de cette lecture une théorie dont malheureusement on s'est peu occupé en Belgique, mais qui est propre à saisir vivement l'imagination par la généralité de vues avec laquelle elle sonde les lois de la nature physique, et par la sûreté du coup d'œil qu'elle plonge dans le passé et l'avenir de l'univers.

Cette théorie, les faits qui lui servent de base, les conséquences auxquelles elle conduit logiquement sont tout à

fait modernes. Jusque vers le milieu de ce siècle on avait en mécanique des idées bien fausses encore sur certaines communications de mouvement : ainsi, tandis qu'on démontrait qu'il n'y a aucune perte de force vive dans le choc de deux corps élastiques, on affirmait sans sourciller qu'il y avait perte dans le choc de deux corps durs, et l'on ne cherchait à cette perte aucune espèce de compensation ; de même on croyait que des forces peuvent s'entre-détruire, sans soupçonner que ce principe, s'il était vrai, devait fatalement amener la destruction de toute force dans l'univers, puisque, d'après lui, la quantité de force pouvait décroître, tandis qu'aucune combinaison possible ne pouvait l'augmenter, de sorte qu'une force une fois détruite était perdue à jamais. Peut-être êtes-vous surpris que de pareilles idées aient pu naître dans des têtes bien pensantes ; vous le serez bien davantage quand vous saurez qu'il est à peine un traité de mécanique qui ne les exprime encore, et qu'elles continuent à être bravement enseignées à peu près partout. La chimie avait dès le commencement de ce siècle posé en principe que les atomes matériels sont indestructibles ; la mécanique n'avait pas encore soupçonné le même principe relativement à la force. Et cependant s'il existe deux idées essentiellement corrélatives, ce sont celles de matière et de force dans la nature physique, à tel point que l'une ne peut se concevoir sans l'autre, et qu'il est même tout à fait indifférent de dire : la force, c'est de la matière en mouvement, ou : la matière, c'est la manifestation de la force ; au fond de ces deux notions il n'y a qu'une substance unique, qu'on l'appelle matière ou qu'on l'appelle force, peu importe. Mais il ne fallait rien moins que les brillantes découvertes de notre siècle pour ramener toutes les sciences à cette unité que les philosophes avaient entrevue.

Déjà, dans le siècle dernier, Bacon, Locke, Rumford, Davy, avaient exprimé nettement l'idée que la chaleur n'est autre chose qu'un mouvement des particules des corps, et non un fluide propre. Montgolfier, au dire de Marc Seguin, son neveu, exprimait en 1800 et cette idée et celle de l'impossibilité de l'annihilation de la force. Ce n'est qu'en 1842 toutefois que le véritable principe de l'équivalence de la chaleur et du travail est nettement exprimé par J.-R. Mayer, médecin à Heilbronn (Wurtemberg), qui y est arrivé par la seule puissance de son génie, sans être encouragé par aucun savant, et sans y avoir été amené par des études spéciales de physique ou de mécanique ; son premier travail, qui a paru dans un journal de pharmacie, a même été ignoré d'abord de la plupart des savants. Vers la même époque, et sans rien connaître de ce travail, Joule faisait à Manchester des expériences dans le but de déterminer la relation qui a lieu entre le travail produit et la chaleur consommée dans cette production, et entre le travail consommé et la chaleur produite par cette consommation ; et ses résultats concordaient admirablement, comme nous le verrons, avec celui que Mayer avait trouvé théoriquement.

Indépendamment de ces deux savants, Holtzmann à Mannheim, Colding à Copenhague, Helmholtz, l'éminent physiologiste et physicien, se livraient à de profondes recherches dans la même direction, et ce dernier ramenait tous les phénomènes naturels à un principe unique dans son bel ouvrage sur la conservation de la force (*).

Bientôt après, des hommes illustres, Clausius en Alle-

(*) Nous en devons une excellente traduction à M. L. Perard, professeur à l'Université de Liège. Paris, V. Masson.

magne, Rankine et W. Thomson en Angleterre, élargirent considérablement le champ des applications de la nouvelle théorie à l'aide de ce puissant moyen d'investigation qu'on appelle l'analyse mathématique, et se disputèrent l'honneur de découvertes importantes, dont la vérification expérimentale devait décider de l'acceptation ou du rejet de la théorie; les belles recherches des deux physiciens les plus habiles de l'époque, Regnault et Magnus, vinrent confirmer ces découvertes, et dès lors la théorie ne rencontra plus de contradicteurs; l'un même d'entre ceux qui l'avaient le plus ardemment combattue, Hirn, de Colmar, fut amené à en reconnaître l'exactitude par l'étude même des faits qui devaient lui servir à la renverser.

Clausius, par son hypothèse, aujourd'hui bien établie, sur la nature des gaz, prouva l'existence d'un zéro absolu de température, qui ne peut jamais être atteint par aucun corps, quelle que soit la quantité de chaleur qu'on lui enlève par les moyens les plus énergiques; et il détermina la position de ce zéro absolu à 273° C. au-dessous de la température de la glace fondante; il eut avec Rankine l'honneur de fonder les véritables principes de la théorie des vapeurs; avec Thomson celui d'étendre les applications de la théorie aux phénomènes électriques; enfin il eut seul, et ce sera l'un de ses plus grands titres à l'admiration de la postérité, la gloire d'avoir posé, à côté du principe de Mayer, le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur, principe d'autant plus malaisé à établir à cette époque, que Sadi Carnot, qui en avait énoncé une partie, regardait la consommation de chaleur comme nulle dans le travail; en reprenant l'idée de Carnot, Clausius devait donc la débarrasser de l'erreur capitale dont elle était entachée, et remettre son principe en harmonie

avec celui de Mayer; aussi a-t-il d'abord soulevé une vraie tempête de contradictions, ce qui prouve combien il fallait de génie pour découvrir et la nécessité de ce principe, et son harmonie avec le premier.

Ces deux principes fondamentaux, dont le développement fera le sujet de cet entretien, appliqués à l'ensemble de l'univers matériel, conduisent à ces deux conséquences, la première énoncée en même temps par Mayer et Helmholtz, c'est que l'énergie totale de l'univers, c'est-à-dire la somme des travaux de toutes les forces physiques et des forces vives de tous les mouvements tant des corps que des molécules, est constante; la seconde déduite par W. Thomson du principe de Clausius, c'est que l'ensemble de l'univers tend de plus en plus vers un état final dans lequel tous les mouvements des corps se seront convertis en mouvements moléculaires, de sorte que l'univers se trouvera réduit à un espace sans vie, dont le vide sera rempli exclusivement de molécules effectuant ces oscillations rapides qui constituent le calorique, et conservant intacte toute l'énergie dont cet univers était animé à son origine, mais sans possibilité intrinsèque d'aucune transformation ultérieure.

Avant d'aborder le premier principe, je vous rappellerai une loi connue depuis longtemps en mécanique, et dont les géomètres anciens, comme notre S. Stevin, avaient souvent fait usage dans leurs démonstrations sous cette forme que le mouvement perpétuel est impossible; cette loi consiste en ceci que, quelle que soit la machine dont on fasse usage, il est impossible d'en retirer un travail plus grand que celui de la force qu'on a fait agir; on peut donc transformer un travail en un autre équivalent; ainsi on peut transformer le travail musculaire, ou celui

d'un cours d'eau, ou celui du vent, par l'intermédiaire de différents mécanismes, en mille autres travaux, tels que l'élévation ou le transport des fardeaux, le broiement, le percement, l'étirage, le laminage des substances que nous voulons mettre en œuvre; mais la quantité de travail produite ne sera jamais que l'équivalent du travail dépensé; pour donner à cette loi toute la généralité dont elle est susceptible, il faut comprendre sous le nom de travail la force vive que l'on communique à certaines masses au moyen du travail d'une force donnée; on sait en effet que le travail d'une force qui agit sur un corps libre est égal à la force vive qu'elle lui imprime: ainsi, par exemple, si je veux puiser à 20 mètres de profondeur un litre d'eau par seconde et le lancer avec une vitesse de 10 mètres, je devrai disposer d'une force capable en une seconde d'un travail équivalent à l'élévation du poids de ce litre d'eau à 20 mètres de hauteur et à la force vive de cette même masse d'eau lancée avec une vitesse de 10 mètres. Un travail peut donc se convertir soit en un autre travail, soit en force vive; réciproquement une force vive peut se convertir soit en un autre force vive, soit en travail, de telle sorte qu'il y ait toujours équivalence entre l'effet produit et la cause productive. Celui-là donc qui, se disant que la chaleur n'est que la force vive d'un mouvement des particules des corps, aurait appliqué le principe général de l'équivalence de la force vive et du travail, celui-là aurait trouvé par cela même l'équivalent mécanique de la chaleur, c'est-à-dire la quantité de travail dans laquelle peut se transformer une quantité donnée de chaleur.

Comme je l'ai déjà dit, c'est Mayer qui a le premier posé ce grand principe, et, avec le coup d'œil du génie, il a indiqué immédiatement le moyen de déterminer théorique-

ment l'équivalent cherché. En comparant la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un certain nombre de degrés la température d'un gaz sous volume constant à celle qui est nécessaire pour l'élever d'autant sous pression constante, et qui est plus considérable que la première, Mayer en a conclu que cet excédant de chaleur s'est transformé dans le travail que le gaz a effectué en se dilatant et il a déduit de là par un calcul très-simple que l'équivalent mécanique de la chaleur, c'est-à-dire le travail équivalent à une unité de chaleur est égal à 424 kilogrammètres (*).

(*) Au lieu du nombre 424, Mayer avait trouvé 570 seulement, à cause de l'inexactitude des données expérimentales dont il avait fait usage. En se servant des plus récentes, on arrive au nombre que nous avons indiqué. En voici, au reste, le calcul qui est très-simple :

Considérons 1^{m. c.} d'air à 0°, renfermé dans un cylindre de 1^{m. c.} de base muni d'un piston libre à 1^{m.} de hauteur; et supposons que nous voulions doubler le volume de cet air au moyen de la chaleur. Il faudra pour cela vaincre la pression atmosphérique, c'est-à-dire élever 10356^{kg.}, qui représentent la pression exercée sur le piston, à 1^{m.} de hauteur, ou bien effectuer un travail de 10356^{km.}.

Or, un mètre cube d'air à 0° sous la pression atmosphérique pèse 1²⁹⁵; pour doubler son volume sous pression constante, il a fallu élever sa température à 275°; et comme, pour élever de 1° la température de 1^k d'air dans ces conditions, il faut 0,2575 calories, le nombre total de calories nécessaire sera :

$$1,295 \times 275 \times 0,2575 = 85,855$$

Pour échauffer d'autant de degrés cette même masse d'air sous volume constant, il faut 1,41 fois moins de chaleur, ou

$$\frac{85,855}{1,41} = 59,457 \text{ calories.}$$

D'où provient cette différence? Mais évidemment de ce que, dans le premier cas, la chaleur a effectué, par l'intermédiaire de l'air, un travail

Ce résultat, obtenu sans recourir directement à l'expérience, concorde admirablement avec ceux que Joule a déduits d'un nombre très-considérable de mesures tout à fait directes, en employant soit le travail de la chute d'un corps, soit celui du frottement à produire de la chaleur.

Une semblable preuve est convaincante; aussi l'un de mes maîtres les plus vénérés, à qui je la communiquais un jour pour lui enlever ses doutes au sujet de cette théorie, me répondit-il, en balançant la tête avec cet air méditatif que se rappellent tous ceux qui l'ont connu : en effet, c'est étonnant. Ce seul mot, chez lui, dénotait un homme presque entièrement convaincu.

On objectera peut-être à la détermination précédente, qu'il n'a pas été tenu compte du travail intérieur nécessaire pour augmenter le volume d'air. Mayer s'était contenté de regarder ce travail comme très-faible et par suite comme négligeable. Clausius, le premier (*), prenant pour base les vues qu'il a développées depuis sur la nature de ce mouvement moléculaire que nous nommons chaleur, a affirmé nettement que ce travail n'est pas seulement négligeable, mais qu'il est rigoureusement nul, du moins pour les gaz parfaits, c'est-à-dire pour ceux qui suivent

de 10556 km.; d'où il résulte que l'excès de chaleur consommé dans le premier cas équivalait à ce travail. Cet excès est de 24,578 calories, équivalant à un travail de 10556 km.; une calorie équivalait donc à un travail égal à

$$\frac{10556}{24,578} = 424 \text{ km.}$$

(*) Pour toutes les citations qui se rapportent à Clausius, voir ses *Mémoires sur la théorie mécanique de la chaleur*, traduits par F. Folie, 2 vol., Paris. E. Lacroix, et particulièrement les Mémoires I, II, IV, VI, IX, XIV, XV, XVI.

exactement les lois de Mariotte et de Gay-Lussac; et les expériences postérieures de Regnault sont venues confirmer cette idée; l'objection disparaît par suite complètement.

Sans doute, s'il s'agissait de produire du travail par la dilatation d'un solide ou d'un liquide, ce travail intérieur, nécessaire pour effectuer la dilatation, abstraction faite des résistances extérieures qui sont à vaincre, ne pourrait pas être négligé; mais forcé de me borner, je me contenterai de vous dire que dans ce cas encore la théorie a été admirablement confirmée par les expériences les plus précises, et a servi même à faire corriger des expériences antérieures, qui ont été en effet trouvées défectueuses.

Je ne puis pas, dans cet entretien, aborder mathématiquement la démonstration du second principe fondamental, qui est du reste plus difficile à bien saisir que le premier; et au lieu de lui donner la forme abstraite qu'il revêt dans son expression analytique, je préfère exposer la manière dont Clausius l'a développé postérieurement dans différents travaux, et dont il s'est servi lorsqu'il a pris ce second principe pour sujet d'une lecture faite à l'assemblée des naturalistes allemands à Franfort-sur-Mein en 1867.

La chaleur manifeste une tendance universelle à s'équilibrer entre les différents corps par rayonnement ou par conductibilité, c'est-à-dire qu'elle passe d'elle-même d'un corps chaud à un corps froid, sans qu'il soit nécessaire qu'aucune autre modification se présente simultanément. Cette tendance est tellement inhérente à la nature même de la chaleur, que Clausius a fondé la démonstration de son principe sur ce postulat que la chaleur ne peut passer d'elle-même d'un corps froid à un corps chaud. Lorsque la

chaleur pénètre un corps, elle a pour effet d'augmenter la distance entre ses molécules, soit en le dilatant, soit en le liquéfiant ou le vaporisant, et même parfois de dissocier ses molécules, comme on le voit dans les décompositions chimiques qu'elle produit. Clausius a compris tous ces effets sous un nom générique en disant que la chaleur tend à augmenter la disgrégation des corps.

Mais pour augmenter la disgrégation d'un corps, la chaleur a, en général, deux travaux à effectuer, le premier intérieur pour vaincre la cohésion des molécules, le second extérieur pour vaincre les pressions auxquelles le corps est soumis. Dans ces deux cas, comme nous le savons en vertu du principe de Mayer, la chaleur qui a effectué le travail disparaît et se trouve remplacée par une quantité de travail équivalente.

Le travail intérieur est généralement fort difficile à évaluer; mais on peut éviter cette difficulté de deux manières : soit en opérant sur un gaz parfait, dans lequel le travail intérieur est nul, comme nous l'avons vu, soit en opérant sur un autre corps de façon à le ramener finalement dans son état initial, ce qui fait que la somme algébrique des travaux intérieurs qui auront été effectués sera nulle; une telle série d'opérations s'appelle un cycle fermé.

Pour l'uniformité de la terminologie, nous donnerons le nom général de transformations à tous les effets de la chaleur que nous venons d'énumérer. Ainsi, lorsqu'un corps à la température de 30° cède une certaine quantité de chaleur à un corps à 0° ou vice versa, nous dirons qu'il y a eu une transformation de cette quantité de chaleur à 30° en la même quantité de chaleur à 0° ou vice versa. De même lorsqu'un corps aura subi un accroissement ou une diminution de disgrégation, nous dirons qu'il s'est

effectué une transformation de la disgrégation. Et enfin, lorsqu'une certaine quantité de chaleur aura été convertie en une quantité de travail équivalente, ou produite par la consommation de cette quantité de travail, nous dirons qu'il y a eu transformation de travail en chaleur ou vice versa. Le principe de Clausius exprime une relation entre les valeurs numériques des transformations qui s'effectuent dans une série d'opérations que l'on fait subir à un corps donné.

Le cas le plus simple à examiner est celui où cette série d'opérations est réversible, c'est-à-dire peut s'effectuer également en sens inverse. Pour que cette condition soit remplie, il faut : 1° que le corps considéré soit soumis à une pression normale égale à chaque instant à sa force expansive, car alors il pourra se dilater malgré cette pression ou se comprimer sous l'influence de cette même pression; 2° que le corps considéré soit toujours à la même température que ceux avec lesquels il effectue des échanges de chaleur, afin que la chaleur puisse passer indifféremment du premier aux autres et vice versa.

On voit par ces conditions mêmes que les cycles réversibles ne peuvent pas se réaliser dans la nature et ne sont qu'une limite qu'il nous est permis d'enseigner théoriquement.

Bornons-nous donc aux opérations réversibles et cherchons à évaluer en nombres les transformations que nous venons d'énumérer.

Nous conviendrons que deux transformations sont équivalentes lorsque l'une d'elles peut être anéantie et remplacée par l'autre au moyen d'un cycle d'opérations réversibles. Ainsi, je suppose une certaine masse de gaz qui s'est dilatée au double de son volume primitif; voilà une

transformation de disgrégation du gaz; je puis anéantir cette transformation en comprimant le gaz jusqu'à le réduire à son volume primitif; mais alors je transforme une certaine quantité de travail en chaleur; cette dernière transformation, ayant remplacé celle de la disgrégation, est regardée comme son équivalente.

Mais il faut bien remarquer que la valeur de cette transformation n'est pas le nombre des unités de chaleur produites par le travail; non, ce que nous avons à déterminer, c'est la valeur numérique que nous devons attribuer à cette transformation elle-même pour que cette valeur soit égale à celle de la transformation de disgrégation qui lui est équivalente. Ici donc ce n'est plus une certaine quantité de chaleur qui est prise pour unité; c'est une certaine transformation déterminée, celle, par exemple, qui se présente dans la disgrégation d'une masse donnée d'un gaz parfait qui double de volume d'une manière réversible.

Après avoir indiqué comment nous mesurerons les transformations, nous avons encore une convention à faire quant à leurs signes; nous regarderons un accroissement de disgrégation comme une transformation positive; il en sera naturellement de même de la transformation équivalente que nous venons de mentionner du travail en chaleur. Les deux transformations opposées seront négatives; et quant au signe de la transformation d'une quantité de chaleur à une température donnée en chaleur à une autre température, il sera déterminé directement par la mesure de cette transformation au moyen des conventions précédentes.

Les trois espèces de transformations dont nous avons parlé, vont se rencontrer dans le cycle fermé réversible que nous prendrons comme exemple.

Les températures seront indiquées en degrés centigrades, à la fois à partir du zéro ordinaire et du zéro absolu (-273° C).

Soit donné un volume de gaz à 273° centigrades (ou $2 \times 273^{\circ}$ A) soumis à des opérations réversibles :

1° Au moyen de l'addition d'une certaine quantité de chaleur, laissons-le se dilater jusqu'au double de son volume primitif en le maintenant constamment à la même température; sa disgrégation sera doublée, sa pression devenue moitié moindre, et il aura effectué un certain travail;

2° Abaissons sa température à 0° centigrade (ou 273° A) en faisant passer l'excédant de chaleur dans un réservoir; sa pression décroîtra encore de moitié, c'est-à-dire sera devenue le quart de la pression primitive;

3° Comprimons-le à cette même température constante de 0° centigrade jusqu'à le ramener au volume primitif, en sorte que sa pression sera doublée et redevenue la moitié de la pression première. Cette compression exigera la consommation d'un certain travail, mais inférieur de moitié à celui qui a été produit précédemment, puisque les volumes sont les mêmes, tandis que les pressions sont de moitié moindres dans le travail actuel que dans le premier. Cette compression aura, en outre, produit une certaine quantité de chaleur à 0° centigrade que nous supposons reçue par un corps à cette température.

IV. Pour ramener notre gaz à son état initial, nous n'avons qu'à lui faire restituer par le réservoir la chaleur que celui-ci lui avait empruntée dans la deuxième opération. La température s'élève alors à 273° C. qui est sa température primitive, et comme son volume reste constant, sa pression doublera, c'est-à-dire redeviendra la pression primitive.

La première opération a donné pour résultat les deux transformations suivantes : un accroissement de disgrégation du gaz du simple au double, et une transformation de chaleur en travail. Or, si nous effectuons celle-ci en sens inverse, c'est-à-dire analytiquement, si nous la prenons en signe contraire, elle anéantira la transformation de disgrégation et la remplacera; il en résulte, d'après ce que nous avons dit sur l'équivalence des transformations, que l'augmentation de disgrégation et la transformation simultanée de la chaleur en travail sont égales et de signes contraires, autrement dit que leur somme algébrique est nulle. La troisième opération a de même donné pour résultat les deux transformations suivantes : une diminution de disgrégation du gaz du double au simple, et une transformation de travail en chaleur. Cette dernière effectuée en sens inverse ou prise en signe contraire anéantit la première et la remplace; la diminution de disgrégation et la transformation simultanée de travail en chaleur sont donc égales et de signes contraires; autrement dit leur somme algébrique est nulle.

Remarquons d'abord l'accord qui se présente quant aux signes des transformations : dans la première opération nous avons eu un accroissement de disgrégation, transformation positive, et une transformation de chaleur en travail que nous avons trouvée être de signe contraire, donc négative. Dans la deuxième opération il y a une diminution de disgrégation, transformation négative; et une transformation de travail en chaleur qui est de signe contraire; donc positive.

Quant à la valeur numérique de ces transformations, remarquons que la transformation de disgrégation est la même dans les deux opérations en grandeur absolue; les

deux transformations simultanées de chaleur en travail et de travail en chaleur qui lui sont équivalentes, doivent donc avoir aussi la même valeur numérique. Or nous avons vu que dans le second cas la quantité de chaleur ou de travail est deux fois moindre que dans le premier, et que la température absolue du gaz par l'intermédiaire duquel la transformation est opérée est également deux fois moindre; il en résulte que le rapport de la quantité de chaleur transformée en travail, ou produite par du travail, à la température absolue, est le même dans les deux opérations précédentes, et que nous pourrions prendre ce rapport comme valeur numérique de ces deux transformations, ainsi que de la transformation équivalente de disgrégation.

Dans la première opération donc, la somme algébrique de l'accroissement de disgrégation et du rapport de la quantité de chaleur transformée en travail, à la température absolue du gaz, est égale à zéro, cette dernière quantité étant négative, comme représentant la valeur d'une transformation négative.

Dans l'autre opération, la somme algébrique de la diminution de disgrégation, qui est une transformation négative, et du rapport de la quantité de chaleur produite par du travail, à la température absolue du gaz, est égale à zéro.

La valeur numérique d'une transformation de chaleur en travail ou vice-versa telle que nous venons de la déterminer est donc égale en grandeur absolue au rapport de la quantité de chaleur à la température absolue à laquelle la transformation s'est effectuée. Cette valeur numérique n'est pas, comme on le voit, l'expression d'une grandeur concrète; c'est plutôt une expression destinée à traduire aisément la condition nécessaire pour que deux transformations puissent se remplacer mutuellement dans un cycle

d'opérations réversibles sans donner naissance à une autre transformation simultanée.

Recherchons maintenant de la même manière la valeur numérique de la transformation d'une quantité de chaleur à une certaine température en la même quantité de chaleur à une autre température; et pour cela reprenons sommairement le cycle fermé décrit plus haut.

Dans la première opération le gaz a doublé de volume à la température constante de 273° C. (ou $2 \times 273^{\circ}$ A) en transformant une certaine quantité de chaleur en travail.

Dans la deuxième on abaissait sa température à 0° C. en faisant passer l'excédant de chaleur dans un réservoir.

Dans la troisième on le comprimait à cette température constante 0° C. (273° A) et il se produisait ainsi une transformation de travail en chaleur, la chaleur produite étant de moitié moindre que celle qui avait été transformée en travail dans la première opération; et cette chaleur était reçue par un corps à 0° C.

Dans la quatrième opération enfin on reprenait au réservoir, pour la restituer au gaz, la chaleur que celui-ci lui avait cédée, de sorte que le gaz était ramené à son état initial.

En considérant l'ensemble de ce cycle fermé, nous pourrions faire abstraction de la deuxième et de la quatrième opération, puisque la chaleur cédée dans la deuxième à un réservoir par le gaz est restituée à celui-ci par le même réservoir dans la quatrième. De plus, si nous voulons considérer la quantité de travail dont nous avons fait usage dans la troisième opération comme empruntée à celle qui avait été produite dans la première, nous aurons en résultat final, dans le cas actuel, une quantité de chaleur, de moitié moindre que dans la première opération, transformée en

travail, et de plus le transport de la quantité de chaleur produite par la troisième opération à un corps à 0° C.; mais cette quantité de chaleur ne provient que de celle qui a été fournie dans la première opération au gaz à la température de 273° C., et dont une moitié est restée transformée en travail, tandis que l'autre, après avoir été transformée de même, est repassée à l'état de chaleur dans la troisième opération; de sorte que nous avons une transformation d'une certaine quantité de chaleur à 273° C. ($2 \times 273^{\circ}$ A) en chaleur à 0° C. (273° A).

Or, si nous supposons cette dernière transformation donnée, et que nous effectuions tout le cycle précédent en sens inverse, elle sera anéantie et remplacée par la transformation d'une quantité de travail en chaleur, transformation qui sera précisément l'inverse de celle que nous venons d'obtenir comme résultat final conjointement avec la transformation de chaleur à 273° C. en chaleur à 0° C. Ces deux transformations sont donc égales et de signes contraires, ou leur somme algébrique est nulle.

On déduit aisément de ces considérations, en généralisant l'exemple qui précède, que la valeur numérique de la transformation d'une certaine quantité de chaleur à une température donnée en chaleur à une autre température est égale à la somme algébrique des valeurs numériques de deux transformations, dont la première serait celle de cette chaleur à la première température en travail, et la seconde celle de ce travail en cette même quantité de chaleur à la seconde température (*).

(*) Nous allons indiquer brièvement cette déduction pour les lecteurs qu'elle peut intéresser.

En vue de généraliser, nous supposons que la température initiale du

Remarquons que la première de ces deux transformations est négative, et la seconde positive; qu'elles ont le

gaz (qui était $2 \times 273^\circ\text{A}$) soit T_1 ; que la température finale (qui était 273°A) soit T_2 ; que le volume du gaz devienne, au lieu de 2 fois, n fois plus considérable. Appelons p sa pression, v son volume; les lois de Mariotte et de Gay-Lussac s'exprimeront par la formule $pv = RT$, R désignant une constante.

Le travail effectué par le gaz se dilatant à température constante T_1 du volume 1 au volume n est

$$q_1 = \int_1^n p dv = \int_1^n RT_1 \frac{dv}{v} = RT_1 \ln n;$$

de même le travail effectué pour le comprimer à température constante T_2 du volume n au volume 1 est

$$q_2 = RT_2 \ln n.$$

Soient Q_1 et Q_2 ces deux quantités exprimées en calories, de sorte que

$$Q_1 = Aq_1, \quad Q_2 = Aq_2,$$

A désignant l'équivalent calorifique de l'unité de travail.

Nous avons vu qu'en résultat final, c'est la différence seulement de ces deux quantités de chaleur qui a été convertie en travail; la valeur numérique de cette transformation est

$$\frac{-Q_1 + Q_2}{T_1}.$$

Cette valeur est, comme nous l'avons dit, égale et de signe contraire à celle de la transformation de la quantité Q_2 de chaleur à la température T_1 en chaleur à la température T_2 . Si donc nous désignons la valeur numérique de cette dernière transformation par x , nous aurons:

$$\frac{-Q_1 + Q_2}{T_1} + x = 0, \quad \text{d'où} \quad x = \frac{-Q_2 + Q_1}{T_1} = -\frac{Q_2}{T_1} + \frac{Q_1}{T_1};$$

ou bien encore, en remplaçant $\frac{Q_1}{T_1}$ par $\frac{Q_2}{T_2}$, ce qui est permis puisque ces rapports ont $AR \ln n$ pour valeur commune:

$$x = -\frac{Q_2}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2}, \quad \text{C. Q. F. D.}$$

même numérateur, qui est la quantité de chaleur donnée, et que par suite leur somme sera positive si le dénominateur de la première est plus grand que celui de la seconde, et négative dans le cas contraire. Le passage d'une quantité de chaleur d'une certaine température à une température plus basse est donc une transformation positive, le passage inverse une transformation négative.

Ainsi, parmi les trois genres de transformations directes et inverses que nous avons examinées, les positives sont:

L'accroissement de disgrégation, la transformation de travail en chaleur, le passage d'une température plus élevée à une température plus basse.

Les négatives sont:

La diminution de disgrégation, la transformation de chaleur en travail, le passage d'une température plus basse à une température plus élevée.

Nous avons déterminé les valeurs numériques de ces trois genres de transformations, et l'exemple simple que nous avons choisi nous a conduit à ce résultat que dans tout cycle réversible, la somme algébrique des valeurs numériques des transformations est égale à zéro.

Ce principe, que nous avons démontré en supposant que le corps au moyen duquel les transformations ont été opérées est un gaz permanent, est applicable quel que soit le corps dont on fait usage.

Supposons en effet que cela ne soit pas, et qu'un cycle d'opérations réversibles effectuées sur un gaz ait donné pour résultat une certaine transformation de chaleur en travail, en même temps que le passage d'une quantité déterminée de chaleur de 273° à 0° , par exemple, la somme de ces deux transformations étant nulle; tandis qu'un cycle analogue effectué sur un autre corps aurait

donné une somme de transformations qui n'est pas nulle; il faudrait pour cela que, si la quantité de chaleur transformée en travail est la même que dans le cas du gaz, la quantité de chaleur qui a passé de 273° à 0° fût différente. Supposons la plus grande, et renversons ce dernier cycle : nous anéantirons le premier, à part un excès de chaleur qui aura passé, sans compensation aucune, d'un corps à 0° à un corps à 273° , ce qui est absurde.

Les autres cas se traiteraient de la même manière; et, pour le dire en passant, c'est dans ce cas particulier que consiste, à proprement parler, le principe de Carnot.

Quel que soit donc le corps qui subit des modifications réversibles, on peut lui appliquer le principe que la somme algébrique des valeurs numériques des transformations est égale à zéro.

Voyons comment ce principe de Clausius se modifiera pour les cycles non réversibles.

Le principe tout à fait général est que cette somme est nécessairement positive dans tous les cycles, quels qu'ils soient, et qu'elle n'est nulle qu'à la limite, c'est-à-dire quand les modifications deviennent réversibles, limite qui, nous l'avons vu, ne peut pas être atteinte. Nous nous bornerons ici à faire voir que cette somme ne saurait être négative, et nous constaterons par des exemples bien connus qu'il est une foule de phénomènes naturels dans lesquels elle est positive.

Si la somme algébrique des valeurs des transformations qui s'opèrent dans un cycle quelconque est négative, c'est-à-dire, si la somme des transformations négatives l'emporte sur celle des transformations positives, nous pourrions prendre dans la première somme une partie égale à la seconde, de sorte que l'autre partie se composera de

transformations négatives non compensées; or celles-ci pourront toujours se ramener à un passage de chaleur d'un corps froid à un corps plus chaud, comme nous allons le voir, au moyen de l'addition d'un cycle réversible, c'est-à-dire, de plusieurs transformations dont la somme est nulle, et ne peut, par conséquent, pas altérer la somme finale.

Les transformations négatives, en effet, sont :

1° Une diminution de disrégation. Celle-ci peut être anéantie et remplacée par une transformation de chaleur en travail au moyen d'un cycle réversible;

2° La transformation de chaleur en travail, à laquelle nous venons de ramener la première transformation négative.

Cette transformation peut être anéantie en renversant la série des opérations que nous avons effectuées précédemment sur un gaz permanent, et remplacée par le passage d'une certaine quantité de chaleur d'une température plus basse à une température plus élevée;

3° Enfin cette dernière transformation, à laquelle peuvent se ramener les deux précédentes.

Si donc une transformation négative pouvait se présenter sans compensation comme résultat d'un cycle quelconque d'opérations, cela reviendrait à dire qu'il a pu passer sans compensation de la chaleur d'un corps froid à un corps plus chaud, ce que nous avons reconnu impossible.

Au contraire, les transformations positives peuvent se présenter seules, et se présentent en effet très-fréquemment dans la nature.

Parmi les nombreux exemples que l'on en peut citer, nous choisirons les suivants :

Un gaz permanent mis tout à coup en communication

avec un espace vide s'y répandra sans effectuer aucun travail et sans perdre aucune chaleur ; voilà donc un accroissement de disgrégation qui s'est effectué sans aucune autre transformation simultanée.

Le travail peut se transformer en chaleur sans qu'il se produise de transformation négative, comme on le voit dans le choc des corps mous, dans la production de la chaleur par le frottement et par la résistance des milieux, ou, dans les phénomènes électriques, par la résistance de l'air et par celle du conducteur.

On sait avec quelle facilité le travail des forces moléculaires se transforme en chaleur, souvent même avec un accroissement de disgrégation, dans les combinaisons chimiques, tandis que la production du froid est toujours accompagnée d'un accroissement de disgrégation soit par dissolution, soit par évaporation.

Enfin nous savons que la chaleur peut passer d'elle-même, par conductibilité ou par rayonnement, d'un corps chaud à un corps plus froid.

Les transformations positives peuvent donc survenir sans qu'il se présente de transformations négatives simultanées ; celles-ci, au contraire, ne le peuvent pas sans être accompagnées de transformations positives au moins équivalentes ; en d'autres termes, les transformations non compensées ne peuvent être que positives, ou la somme algébrique des valeurs des transformations d'un cycle quelconque d'opérations ne peut être que positive.

Tel est le principe général dû à Clausius. Si nous l'exprimons analytiquement en tenant compte de la manière dont nous avons évalué numériquement les transformations, nous pourrions l'énoncer sous la forme suivante dans laquelle le mot accroissement est pris dans un sens algé-

brique : si pour un cycle quelconque on ajoute les accroissements de disgrégation aux accroissements de chaleur divisés respectivement par les températures absolues auxquelles ils s'effectuent, la somme obtenue ne pourra être que positive (*).

Si donc d'une part, en vertu du principe de Mayer, il y a toujours équivalence entre la chaleur consommée ou produite et le travail produit ou consommé, dans les modifications que peut subir un système de corps sous l'influence de la chaleur et des différentes forces tant intérieures qu'extérieures qui agissent sur lui, d'autre part, en vertu du principe de Clausius, chaque série de modifications amènera, en général, un accroissement de disgrégation et de chaleur produit au détriment de la quantité de travail fournie par les forces qui agissent sur le système ; cette dernière quantité ne fera donc que décroître d'une série à la suivante, tandis que la somme des premières ne fera que croître.

Ces lois, qui existent pour un système quelconque de corps, peuvent évidemment s'étendre à l'univers tout entier, et il en résulte que la quantité de travail des forces qui l'animent, décroissant toujours, finira par devenir nulle, en se transformant sans cesse en un accroissement de la disgrégation et de la quantité de chaleur, et que la somme de celles-ci tend vers un maximum (**).

Examinons maintenant plus en détail les conséquences

(*) Dans la dernière partie de cette somme sont comprises les transformations de chaleur d'une température à une autre, dont la valeur numérique se compose, comme nous l'avons vu, de deux termes de même forme que ceux qui entrent dans cette somme.

(**) Voir la note précédente.

de ces deux principes appliqués au système de l'univers.

Si nous voulons comprendre sous le nom commun d'énergie la force vive, le travail et la chaleur, qui ne sont en effet que des quantités de même nature se rapportant à des mouvements plus ou moins rapides soit des corps, soit de leurs molécules, le premier principe pourra s'énoncer sous cette forme :

Une énergie quelconque peut se transformer en une autre équivalente, ou bien la somme des énergies de l'univers est invariable, comme la somme des particules matérielles qui le constituent. Ainsi le travail de la gravité peut se convertir en force vive par la chute d'un corps, et cette force vive en mouvements vibratoires qui constituent la chaleur; l'énergie développée par la combustion de la poudre se transforme en chaleur, cette chaleur en force vive du boulet, et cette force vive enfin en un travail qui élève le poids du boulet jusqu'à ce que toute l'énergie soit dépensée, ou plutôt convertie en travail; mais dans tous les cas, il ne se perd ni ne se gagne aucune quantité d'énergie dans toutes ces transformations.

C'est là certes une magnifique synthèse des lois physiques, et qui semble bien favorable à l'éternité de l'univers; eh bien, quelque éloignée qu'elle paraisse de ma thèse, je ne crains pas d'essayer de dérouler à vos yeux le tableau de la nature physique tel que nous pouvons l'entrevoir grâce à cette splendide découverte de la transformation des forces.

Partons de l'hypothèse de Laplace sur la formation de notre système planétaire, hypothèse qui semble confirmée par les formes et les mouvements des planètes et de leurs satellites, par l'existence des comètes et par celle de l'anneau de Saturne.

Notre système aurait été primitivement une nébuleuse, c'est-à-dire un amas de matière gazeuse simplement animée d'un mouvement de rotation (*) et soumise à ses attractions mutuelles; cette matière se serait séparée en différentes masses en vertu de la force centrifuge, et ces masses partielles se condensant par l'attraction auraient formé le soleil et les différents corps du système, fluides d'abord, puis se solidifiant peu à peu à cause du rayonnement. Vous comprenez déjà combien ce travail de l'attraction, cette chute des molécules gazeuses vers leurs centres respectifs a dû produire de chaleur. Helmholtz a calculé que cette chaleur représentait 454 fois celle qui serait actuellement produite par la chute de toutes les planètes et de leurs satellites sur le soleil.

Notre terre ne reçoit aujourd'hui qu'une quantité très-faible de chaleur de son noyau de feu; où donc est la source de toutes les énergies qui se développent à sa surface? Elle réside presque tout entière dans le soleil.

Étudions en effet les différentes forces dont nous disposons; je laisse de côté le magnétisme et l'électricité qu'il ne serait pas difficile de ramener également à l'action solaire comme à leur principe.

Nous disposons surtout de la force des cours d'eau, de celle des courants d'air, de la chaleur produite par les différents combustibles, enfin de notre force musculaire et de celle des animaux.

Or d'où vient la première force, celle des cours d'eau? Le soleil a vaporisé l'eau des mers, et a effectué ce grand travail de la dilatation; en outre, il a dû élever la vapeur

(*) Il est inutile de s'occuper ici du mouvement de translation de notre système dans l'espace.

ainsi formée au sommet des montagnes, second travail ; la vapeur, en se condensant, a rendu une partie de la chaleur solaire sous forme de chaleur ou d'électricité, et a conservé, sous forme de travail potentiel, l'autre partie, celle qui équivaut au travail nécessaire pour élever son poids au sommet de la montagne ; en en redescendant, elle nous rend, sous forme de force vive, la provision de chaleur solaire qu'elle avait absorbée.

La force des courants d'air n'a pas non plus d'autre cause : le soleil chauffe l'air, l'élève, et sa chaleur se transforme en travail potentiel ; cet air refroidi retombe par son poids, et c'est la force vive de sa chute que nous utilisons ; cette force vive n'est donc encore qu'une transformation d'une quantité équivalente de chaleur solaire.

Mais la chaleur des combustibles, dira-t-on ? Celle-là du moins ne vient pas du soleil ? Tout aussi bien que les précédentes, et que la force musculaire elle-même, qui a, avec celle de la combustion, la liaison la plus intime, comme nous allons le voir.

Tous nos combustibles sont exclusivement des matières végétales ou animales ; la houille n'est que du bois fossile ; les huiles de schiste, le pétrole sont le produit de la distillation de végétaux enfouis depuis des siècles ; les corps gras proviennent tous du règne végétal ou du règne animal.

Or, c'est grâce à la lumière et à la chaleur solaires que les plantes s'assimilent le charbon contenu dans l'acide carbonique qui est mêlé à l'air. Pour séparer l'oxygène du carbone et retenir celui-ci, la plante doit effectuer un grand travail, et c'est le soleil qui le lui fournit ; la fraîcheur des forêts a pour principale cause cette conversion de la chaleur solaire en travail de la végétation. C'est ce

même travail que le tissu végétal convertit en chaleur quand il brûle, c'est-à-dire quand il s'unit de nouveau à l'oxygène, de sorte que la chaleur produite par la combustion est directement empruntée au soleil.

La plante donc s'empare du charbon renfermé dans l'acide carbonique de l'air, et met l'oxygène en liberté ; cet oxygène est respiré par les animaux, et s'unit dans leurs poumons au sang qui est le produit de la digestion des aliments ; c'est la chaleur résultant de cette combustion effectuée continuellement dans les poumons qui est la source de l'énergie animale. Et d'où vient cette chaleur ? Du travail dont étaient capables l'oxygène libre et le sang ; et ces deux éléments nous sont fournis en dernière analyse par le règne végétal qui les doit au soleil.

Il y a certes une ravissante harmonie dans ces deux grands règnes de la nature, dont chacun tire sa nourriture et sa force des produits mêmes qui sont rejetés par l'autre, de telle façon que la prospérité de l'un des règnes doit entraîner celle de son rival ; et l'on pourrait se demander par quelle sorte de vertu secrète les molécules gazeuses du chaos se sont groupées dans cet ordre admirable ; mais la science positive nous reprocherait de faire du sentiment, et nous tenons à demeurer sur son propre terrain. Admettons donc, si vous le voulez, que ce soit l'action seule des forces naturelles qui ait produit toutes les vies qui se développent à la surface de la terre. Le soleil suffit à maintenir leur activité physique ; sa chaleur se transforme en courants d'air ou d'eau, en puissance expansive des gaz et des vapeurs, en électricité, en bois, en fleurs, en fruits, en force musculaire ; aussi longtemps qu'il pourra nous fournir une chaleur suffisante, la durée du monde et de la vie semble assurée. Mais cette chaleur qu'il nous

fournit doit pouvoir lui être restituée par du travail, car tous les corps reçoivent de lui une chaleur beaucoup plus considérable que celle qu'ils lui renvoient par rayonnement.

Où trouver ce travail? Si on le cherchait dans une condensation du soleil, condensation qui produirait une chaleur énorme, ou dans une diminution de sa vitesse de rotation due à des marées dont le frottement se convertit en chaleur, on échapperait à la mort pour quelques milliers de siècles; mais qu'est-ce que cette durée vis-à-vis de l'éternité?

Si l'on cherche avec Mayer ce travail dans la chute des comètes et des aéroolithes sur le soleil, sans doute on trouvera encore là une source notable de chaleur, puisque la chute d'une masse sur le soleil produirait, selon qu'elle se meut plus ou moins directement vers lui, une quantité de chaleur comprise entre celles que fournirait la combustion d'une masse de houille de 4,000 à 9,000 fois plus grande; et cette chute de corps nécessaire à l'entretien de la chaleur solaire produirait une augmentation de volume imperceptible après 4,000 ans. Mais encore n'est-ce là qu'un palliatif, et en outre, on voit clairement que la masse du soleil allant en augmentant, il finira par attirer à lui les planètes, à commencer par les plus rapprochées, de sorte que notre système solaire se réduirait en chaleur.

Cette alimentation du soleil par la chute des mondes n'est qu'une hypothèse très-probable à la vérité; et fût-elle exacte, il n'y a pas là de quoi effrayer ceux qui croient à l'éternité de l'univers; car la chaleur ainsi produite, affirmeront-ils, pourra de nouveau se convertir en travail et former de cette manière un autre univers. Au reste, il n'est nullement nécessaire que le soleil nous prodigue toujours la

même chaleur qu'aujourd'hui; quand elle aura décréu, nous diront-ils, les vies qui se manifestent aujourd'hui sur la terre feront place à d'autres vies qui auront moins besoin de chaleur, comme les plantes et les animaux gigantesques de la période antédiluvienne ont fait place à ceux de l'époque actuelle. Toutes ces conséquences n'ont rien d'incompatible avec la loi de la conservation de l'énergie, la science est obligée de le reconnaître et elle le fait franchement. Je n'attends pas moins de sincérité des partisans de la doctrine de l'éternité de l'univers dans l'examen des conséquences de la seconde loi fondamentale qui n'est, comme celle de la conservation de l'énergie, qu'une généralisation des faits observés dans la nature.

Nous avons vu que la seconde loi conduisait à ce double résultat, d'une part, qu'il y a plus de transformations de travail en chaleur que de transformations en sens inverse, de sorte que la quantité de chaleur augmente constamment aux dépens de la quantité de travail; d'autre part, que la chaleur tend à s'équilibrer, à se répartir d'une manière de plus en plus uniforme dans l'espace, et la disgrégation des corps à s'accroître; il s'ensuit que l'univers se rapproche fatalement de jour en jour, en vertu des lois naturelles, d'un état d'équilibre final de température dans lequel les distances entre les molécules des corps seront arrivées à leur extrême limite, et qui rendra toute transformation nouvelle impossible; alors, suivant une expression mémorable reproduite par Tyndall (*), « les éléments seront dissous par le feu. » Tel est donc le terme fatal du monde; sorti du chaos, il rentrera dans le chaos, avec cette

(*) *La chaleur considérée comme un mode de mouvement*, trad. de l'abbé Moigno, p. 435. Paris, E. Giraud.

différence toutefois qu'il ne sera plus animé de ce mouvement de rotation qu'avait le chaos originaire, et qui lui a permis de se séparer en différents groupes d'attraction ; ce mouvement de rotation aura lui-même été converti tout entier en chaleur.

Voici une considération au reste qui vous fera pour ainsi dire sauter aux yeux cette conversion finale de toutes les forces naturelles en chaleur : Je vous ai dit que le travail renfermé originairement dans la matière nébuleuse de notre système solaire était 454 fois plus grand que le travail des forces qu'il renferme encore actuellement, ou que celui-ci n'est plus que la 454^e partie du travail primitif. Que sont donc devenues les 453 autres parties de ce travail ? Elles sont réduites en chaleur ; et la partie restante suit la même tendance. Le monde finira donc, sans qu'il lui soit possible de se reconstituer au moyen des forces naturelles existantes ; et la science, la science positive surtout, n'a pas le droit de supposer que ces forces puissent avoir manifesté auparavant ou qu'elles puissent un jour manifester des lois différentes de celles qui ont été reconnues par l'expérience.

Il y a plus encore ; non-seulement le monde finira, mais il a commencé. Et en effet, s'il existait depuis toute éternité, il y a une éternité déjà qu'il aurait dû finir, puisque la tendance à l'anéantissement de tout travail et à l'équilibre final de température agissant depuis toute éternité aurait dû se réaliser entièrement depuis une éternité déjà. On est donc en droit d'affirmer scientifiquement que l'univers, constitué avec les lois physiques que nous lui connaissons, et il est interdit à la science positive d'en supposer d'autres, n'existe que depuis un temps limité, quelque long du reste qu'il puisse être. Et quelle cause a ainsi con-

stitué dans le temps ? Une cause inhérente à lui-même ? mais ce serait absurde, car cette cause aurait dû agir aussi bien de toute éternité. Cette cause ne peut-être que le fait d'une volonté libre, et la création se trouve ainsi démontrée physiquement, j'allais dire mathématiquement.

Et qu'est-ce qui nous empêche d'admettre, et même d'espérer que cette cause, qui a constitué l'univers dans le temps avec les forces qui l'animent, pourra agir à la fin des temps sur le morne chaos auquel il se trouvera réduit, pour lui imprimer une activité nouvelle et reconstituer un autre univers ? Alors seraient réalisées ces paroles fatidiques écrites depuis près de trente siècles : « Au commencement tu as fondé la terre, et les cieus sont les œuvres de tes mains ; ils périront, mais toi tu subsistes éternellement ; et ils vieilliront tous comme un vêtement, et tu les changeras comme un manteau, et ils seront transformés. »

L'assemblée a fait entendre de vifs applaudissements après cette lecture.

La séance a été terminée par la proclamation suivante des résultats des concours et des élections, faite par M. Ad. Quetelet, secrétaire perpétuel.

JUGEMENT DU CONCOURS DE LA CLASSE DES SCIENCES
POUR 1875.

Quatre mémoires avaient été reçus en réponse à quatre questions du programme :

Le premier, portant pour devise : *Ingressum instruas, progressum dirigas, egressum compleas!* (SAINT THOMAS),