

Kedrov, Bonifati M.

Sur la psychologie de la création scientifique

Organon 6, 49-68

1969

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



B. M. Kedrov (U.R.S.S.)

SUR LA PSYCHOLOGIE DE LA CRÉATION SCIENTIFIQUE

LES DIFFÉRENTS DEGRÉS ET LE COURS GÉNÉRAL DE LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE

Les découvertes constituent l'élément le plus important de la création scientifique. Toute découverte scientifique (la loi de la nature, par exemple) se déroule comme un processus à plusieurs degrés. La loi, par elle-même, est l'expression de l'universalité relativement au domaine donné du monde des choses. Pour connaître l'universalité se rapportant à un ensemble déterminé de phénomènes, il est nécessaire d'être en possession d'un matériel initial concret, dont la loi donnée est la généralisation. Cependant il est pratiquement impossible de formuler loi latente en partant directement de la multitude brute, non élaborée, non systématisée, des faits séparés. Pour rendre possible la découverte d'une nouvelle loi de la nature, il est nécessaire préalablement d'analyser et de grouper d'une manière bien déterminée la somme accumulée de faits, en combinant entre eux les faits concernant les objets et les phénomènes semblables ou leurs aspects et propriétés, et en les séparant d'autres faits se rapportant à d'autres objets et phénomènes non semblables ou à leurs propriétés et aspects. Ainsi, au moyen de procédés d'identification et de distinction, tous les faits sont divisés en groupes particuliers. Ce n'est qu'après, en élucidant la relation interne existant entre les groupes de faits ainsi constitués (phénomènes, etc.), que nous pouvons mettre au jour la loi générale se trouvant à la base de tout l'ensemble de phénomènes donnés.

Par conséquent, le processus de la création scientifique (dans le cas donné, la préparation et l'accomplissement de la découverte d'une loi de la nature) se déroule comme une ascension successive de l'unicité F_1 (à partir de l'établissement des faits séparés) vers la particularité P (vers leur division en groupes particuliers des faits) et ensuite, de

la particularité P vers la généralité G (vers la découverte d'une nouvelle loi de la nature). Sommairement, ce processus d'ascension s'exprime par la formule générale:

$$F \rightarrow P \rightarrow G \quad (1)$$

Dans l'histoire de la science, les transitions entre les trois degrés notés ($F-P-G$) peuvent se réaliser de différentes manières. La succession de l'engendrement et de la formation des degrés correspondants change. Anisi, une idée sur G surgit souvent longtemps avant que l'on ait eu la possibilité d'accumuler différents faits (F) et de les grouper (P); c'est pourquoi, pendant longtemps, une idée sur G demeure dans l'esprit des savants sous forme de supposition ou d'hypothèse. Ce n'est qu'après avoir franchi les stades de sélection des faits (F) et de leur groupement (P), que l'idée sur G , se transforme de supposition en une loi scientifique ou une théorie scientifique. Il s'est produit ainsi dans l'histoire de l'atomistique. Et conformément, si le cours de la connaissance est considéré dans son bilan, alors indépendamment de la forme concrète des transitions entre F , P et G , ayant lieu dans l'histoire de la science, le cours généralisé de la connaissance (découverte d'une loi de la nature) peut être ramené au schéma $F-P-G$ donné ci-dessus.

ASPECT PSYCHOLOGIQUE DE LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE

Parallèlement au cours général de la connaissance scientifique, il agit constamment un «appareil» (ou «mécanisme») psychologique concret à l'aide duquel le cours général de la connaissance se réalise. Tout acte de création se réalise dans le cerveau de tel ou tel individu (savant) en tant que développement de la propre pensée de ce savant. Mais le mouvement de la pensée scientifique de chaque savant (ou de différents savants) peut être tout à fait dissemblable de son bilan logiquement généralisé. Il va de soi que le résultat final (par exemple la découverte d'une nouvelle loi de la nature) est indépendant du chemin poursuivi: étant purifiée de tout ce qui est dû au hasard, de tout ce qui est accessoire, la vérité trouvée se dégagera comme indépendante de l'homme et de l'humanité.

Toutefois, le processus même qui permet de parvenir à cette vérité s'avère extrêmement capricieux, inattendu, sinueux, car il est fonction d'un ensemble de facteurs les plus différents et de circonstances fortuites de caractère psychologique et social. C'est pourquoi l'analyse de l'histoire des découvertes scientifiques peut être considérée comme l'objet des recherches de la part de différentes sciences: logique, psychologie, histoire des sciences naturelles etc. Chacune d'entre elles

se charge de l'aspect de la découverte donnée qui lui est propre et ce n'est que dans leur ensemble que tous ces aspects permettent d'étudier l'histoire de cette découverte dans toute son intégrité.

Etant donné qu'actuellement l'aspect psychologique seul nous intéresse ainsi que sa corrélation avec l'aspect logique, nous laissons de côté la partie spéciale de la question, à savoir la relation entre les découvertes scientifiques et la technique, leur conditionnement dû en fin de compte aux exigences de la production.

Dans la découverte scientifique, le psychologique et le logique se rapportent l'un à l'autre, en premier lieu, comme objet distinct et général, comme objet individuel et généralement humain. Lors de l'analyse d'une découverte scientifique quelconque, le psychologue part de la prise en considération des mêmes degrés fondamentaux F , P et G . Toutefois, si la logique est intéressée en premier lieu par la richesse du fond de la connaissance contenue dans ces formes logiques, la psychologie, elle, élucide le «mécanisme» psychologique concret de la formation de tels ou tels degrés de la connaissance, ainsi que le «mécanisme» de transition d'un degré à l'autre. Il va de soi qu'en premier se pose la question sur le «mécanisme» de la transition qui constitue la découverte considérée. Il est évident que pour la découverte d'une nouvelle loi de la nature (G) une telle transition sera celle du degré précédent (P) au degré (G).

Pour mieux s'orienter dans tout ceci, étudions une découverte scientifique quelconque, dont l'analyse permettra de suivre l'aspect psychologique et de dégager sa corrélation avec l'aspect logique. Choisissons la découverte de la loi périodique des éléments chimiques de Mendéléev, dont le centenaire de la découverte sera marqué le 1^{er} mars 1969.

SUR LA DÉCOUVERTE DE LA LOI PÉRIODIQUE

Jusqu'à la seconde moitié du XVIII^e siècle, les éléments chimiques avaient été découverts indépendamment les uns des autres en tant que formes de la substance. C'était le stade F dans la connaissance des éléments. Dans la seconde moitié du XVIII^e siècle on a commencé à les découvrir par groupes entiers, selon leurs propriétés particulières. C'est ainsi que furent découverts les uns après les autres les éléments qui se trouvaient en liberté dans un état gazeux. C'est aussi de la même manière qu'ont été découverts les éléments de la famille du fer qui sont, dans les conditions naturelles, des satellites de ce métal. Dès les premières années du XIX^e siècle, la découverte de groupes par nouveaux éléments prend des dimensions de plus en plus grandes. Ayant recours à l'électrolyse, on découvre d'abord les métaux alcalins, ensuite les métaux alcalino-terreux. On découvre les satellites

du platine, les satellites du soufre, etc. Au début des années 60 du XIX^e siècle on découvre à l'aide du spectroscope des nouveaux éléments du groupe des métaux alcalins et du futur III^e groupe du système périodique (métaux alcalino-terreux).

La découverte de nouveaux éléments par groupes suggère aux chimistes la possibilité de classer les éléments en groupes particulier «naturels» (ou familles) suivant le critère de leur ressemblance chimique. Par exemple, tous les métaux alcalins se ressemblent extrêmement et diffèrent beaucoup des métaux alcalino-terreux, les plus voisins par leur caractéristique chimique, et d'autant plus des autres éléments. Il en est de même pour les halogènes et autres groupes.

C'est ainsi qu'est survenue l'idée de la division des éléments chimiques en groupes naturels d'après le critère de communauté de leurs propriétés chimiques à l'intérieur du groupe et la distinction des propriétés du groupe considéré de celles de tous les autres groupes. Ce fut le stade *P* dans la connaissance des éléments chimiques. Il s'est constitué à la fin du premier quart et au début du second quart du XIX^e siècle.

Le passage de *F* à *P* dans l'étude des éléments s'est réalisé assez facilement (sans choc). Pour pouvoir trouver des propriétés générales pour les éléments d'un même groupe, par exemple pour les métaux alcalino-terreux (Ca, Sr, Ba) il a suffi de comparer ces métaux d'abord entre eux et ensuite avec d'autres métaux, des corps non métalliques («les métaloides»). Les procédés d'induction (méthodes de présence ou d'absence) donnaient la possibilité de dégager assez facilement tel ou tel groupe d'éléments.

Mais le progrès ultérieur devient plus difficile. Le groupement des éléments suivant le critère *P* se transforme en une méthode unique et cesse de se développer. Cela est très caractéristique pour les chimistes du XIX^e siècle. Bientôt, ce phénomène va freiner très fortement le progrès ultérieur de la science, entravant la transition de la pensée des chimistes du stade *P* au stade *G* dans la connaissance des éléments chimiques. En effet, le groupement des éléments suivant les critères *P* ne suppose que la comparaison et le rapprochement des éléments chimiques semblables; tandis que les éléments chimiquement non semblables (dissemblables) et d'autant plus ceux qui sont polairement opposés du point de vue chimique ne peuvent aucunement être comparés et *a fortiori* rapprochés.

Entre temps, le passage à *G*, c'est-à-dire la découverte l'une loi générale de la nature embrassant tous les éléments (et respectivement la création d'un système général de tous les éléments), suppose obligatoirement le rapprochement des éléments tant semblables que dissemblables, ce qui est particulièrement important. Pour cette raison l'habitude de rapprocher les éléments semblables et d'isoler les éléments dissem-

blables entravait fortement la résolution du problème du passage de *P* vers *G* dans l'étude des éléments chimiques. Ainsi le poids atomique, à l'époque unique critère général connu de tous les éléments, ne fut pas pris pour base de l'élaboration du système général des éléments, car dans ce cas on aurait dû comparer directement entre eux des éléments chimiquement dissemblables et polairement opposés tels que les halogènes et les métaux alcalins, tels que le chlore ($\text{Cl} = 35,5$) et le potassium ($\text{K} = 39,1$).

L'obstacle dressé sur le passage de *P* à *G* fut surmonté par Mendéléev. Le pas déterminant a été fait lorsqu'il a comparé directement entre eux les deux groupes d'éléments chimiquement les plus polaires cités ci-dessus (métaux d'alcalins et halogènes).

Li = 7	Na = 23	K = 39,1	Rb = 85	Cs = 133
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127

Plus tard, on ajouta au dessus le groupe des métaux:

Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137.
---------	---------	-----------

«Dans ces groupes, écrivait Mendéléev dans *Principes de la chimie* (1877), on voit l'essence de la chose. Les halogènes possèdent des poids atomiques inférieurs aux métaux d'alcalins et ces derniers des poids atomiques inférieurs aux métaux du groupe Ca, Sr, Ba. C'est pourquoi si on dispose tous les éléments dans l'ordre de leur poids atomique, on obtient une répétition périodique de leurs propriétés. C'est ce qu'exprime la loi périodique».

Mendéléev a très bien su définir le principal obstacle qui se dressait sur la voie de transition de *P* vers *G*. Dans le premier article (1869), consacré à la loi périodique qui venait d'être découverte, il écrivait: «le but de mon article aurait été tout à fait atteint si j'avais pu attirer l'attention des chercheurs sur les rapports des grandeurs des poids atomiques des éléments dissemblables qui jusqu'à présent, autant que je sache, n'ont presque pas suscité l'attention».

Mendéléev, a repris cette même pensée en 1871: «... pour les éléments semblables on ne cherchait même pas des points communs et les relations simples de leurs poids atomiques; pourtant, ce n'est que par cette voie que l'on peut connaître la relation exacte entre les variations des poids atomiques et les autres propriétés des éléments».

En parlant de la découverte de cette loi, Mendéléev notait (1871): «... la dépendance périodique des propriétés des éléments dissemblables et des leurs combinaisons du poids atomique des éléments ne peut être établie qu'après être démontrée pour les éléments semblables. Dans la confrontation des éléments dissemblables se trouve, à mon sens, le critère fondamental qui distingue mon système de ceux de mes précurseurs. Outre quelques exceptions, j'ai pris les mêmes groupes d'éléments

analogues que mes prédécesseurs, mais je me suis posé pour but d'étudier les lois des relations réciproques des groupes. C'est ainsi que j'ai abouti au principe général cité plus haut que nous appliquerons à tous les éléments».

Ce qui vient d'être dit par Mendeléeev, fait déduire les conclusions suivantes: 1) ses précurseurs se limitaient à assembler les éléments semblables (analogues) en groupes séparés (par conséquent, ils ne s'écartaient pas de P); 2) la découverte de la loi périodique (G) a été faite par voie de confrontation des groupes connus précédemment (P) ce qui a eu pour résultat le rapprochement non seulement des éléments semblables (à l'intérieur des groupes) mais aussi des éléments dissemblables (se trouvant dans des groupes différents), par là même, la transition de P à G fut réalisée; 3) la routine des chimistes qui se contentaient de rapprocher seuls les éléments semblables (c'est-à-dire rester dans les limites de P lors de l'étude des éléments chimique) était un obstacle à la découverte de cette loi.

ANALYSE DE CERTAINES DÉCOUVERTES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

En analysant d'autres découvertes du domaine des sciences naturelles, par exemple les découvertes des nouvelles lois de la nature, nous obtenons en essentiel, la même image. Par exemple, vers la fin du XVII^e siècle il y avait en optique deux conceptions particulières: une d'elle interprétait la lumière comme un flux de particules (la théorie corpusculaire), l'autre comme un processus de propagation d'ondes dans un milieu matériel continu («l'éther lumineux»). Au début du XIX^e siècle, grâce à une série de découvertes physiques (diffraction et interférence de la lumière, et autres) la théorie ondulatoire de la lumière triompha. Et au contraire, à la même époque environ s'est affirmée solidement une conception atomistique directement opposée, interprétant la matière comme constituée, en fin de compte, de composantes discrètes (atomes).

Durant tout le XIX^e siècle il s'est produit entre les deux domaines des sciences naturelles: l'optique (la théorie de la lumière) d'une part, et la chimie ainsi que la physique moléculaire (la théorie de la substance) d'autre part, une repartition des points de vue quant à une structure particulière de la matière: on estimait que la lumière n'avait que le caractère ondulatoire, par conséquent un caractère continu, et la substance n'avait que le caractère discret, par conséquent, un caractère discontinu. Ces représentations s'ancrèrent solidement dans les deux théories (de la lumière et de la matière) dans le cadre P : soit la continuité (lumière), soit la discontinuité (substance). La découverte, de l'électron («atome» d'électricité négative), semblait confirmer encore

davantage un tel point de vue, en introduisant l'électron au nombre des particules réelles.

Au début du XX^e siècle, le caractère discontinu (quantique) du rayonnement fut découvert. En résultat, deux domaines séparés apparurent dans l'optique et vinrent à coexister (l'un à côté de l'autre): la théorie du rayonnement et de l'absorption de la lumière (où s'est affirmée l'idée des quantas c'est-à-dire de la discontinuité) et la théorie de la propagation de la lumière (où, continuait de dominer l'idée d'ondes, c'est-à-dire la continuité). En résultat d'un tel partage de l'optique en deux domaines particuliers, la transition au-delà des limites de P (soit la discontinuité, soit la continuité) n'avait pas encore été réalisée. L'ambition d'interpréter les phénomènes de la physique et de la chimie seulement comme discontinus (un type de P) ou continus (un autre type de P), prouvait que dans le cas donné comme ce que nous avons vu chez les prédécesseurs de Mendéléev la pensée des physiciens se rattachait avec obstination au degré P . Même la découverte de Planck (théorie des quanta) n'a pas suffi elle-même à faire sortir les pensées des savants du degré P , bien qu'elle eut une influence révolutionnaire sur toute la physique.

La transition de P vers G dans le domaine de la théorie de la substance et de la lumière s'est réalisée après 1923—1924, lorsque Louis de Broglie pour la première fois, a eu l'idée de l'unité entre la nature ondulatoire et corpusculaire de tous les micro-êtres valable aussi bien pour la lumière que pour la matière. Selon de Broglie, à chaque micro-particule (corpuscule de substance ou de lumière) correspondent des ondes déterminées, et à chaque onde — des microparticules déterminées. La discontinuité et la continuité qui se manifestaient jusqu'alors tout à fait isolément l'une de l'autre, en tant que caractéristiques particulières (P) d'une catégorie déterminée d'êtres et de processus physiques, se révélèrent à présent dans leur unité interne en tant que caractéristique générale de tous les microêtres (c'est-à-dire en qualité de G).

Par là même, pour la première fois fut réalisé le passage de P à G dans le domaine donné de l'étude du monde des objets. Cette transition est associée à la création de la mécanique quantique.

La tendance des chimistes à s'ancrer solidement dans les limites de P et de ne pas sortir au-delà de ce P fut le principal obstacle sur la voie de la découverte de la loi périodique (G); un pareil obstacle dans l'histoire de la création de la mécanique quantique ce fut l'aspiration des physiciens de rester à tout prix entre les limites de P (soit la discontinuité, soit la continuité) et de ne pas sortir au-delà du P considéré.

On peut indiquer encore une découverte qui témoigne la même chose: pendant longtemps les chimistes (les partisans de la théorie des structures) y compris Kekulé, ont estimé que la combinaison des atomes en forme de chaîne de carbone (les atomes se combinent par chaînes

ouvertes, de la manière —C—C—C—C—...) est l'unique possible. C'était un procédé particulier de combinaison d'atomes de carbone, propre aux substances organiques d'une classe particulière, les combinaisons de la série dite des corps gras (ici, ce procédé tenait le rôle de *P*). Mais toute une classe d'autres combinaisons (la série des corps aromatiques) ne put être exprimée par cette méthode. En premier lieu, cela se rapportait au représentant le plus simple de la série des corps aromatiques, le benzène. La formule de structure du benzène n'a pas pu être établie pendant longtemps précisément parce que la pensée des chimistes était prisonnière de l'idée qu'il existe uniquement des chaînes ouvertes de carbone (*P*). Cependant, pour résoudre le problème de la structure du benzène, il fallait nécessairement admettre que, outre les chaînes ouvertes, les atomes de carbone peuvent donner des anneaux (cycles). Dans ce cas, la représentation sur les procédés de combinaisons des atomes de carbone entre eux parvient au degré *G* qui englobe les deux cas particuliers: leur capacité de se combiner en chaînes ouvertes et en anneaux fermés.

Cette découverte a été faite par Kekulé (1865). Il surmonta l'obstacle qui surgissait sur la voie menant de *P* à *G* dans la domaine considéré de la science.

On peut citer encore de nombreuses découvertes scientifiques dont l'essence se trouvait dans la même transition de *P* vers *G*. De plus, on surmontait l'obstacle qui surgissait sur la voie menant de *P* vers *G* et qui limitait par le cadre de *P* la pensée des savants.

LE «MÉCANISME» PSYCHOLOGIQUE ACCOMPLISSANT LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE (FRANCHISSEMENT DE LA «BARRIÈRE»)

Il va sans dire qu'il apparaît un obstacle déterminé sous la forme de fixation de la pensée des savants sur le degré précédent du savoir (*P*). Cet obstacle est un handicap qui l'empêche de s'élever à un degré supérieur (*G*) et qui pour cela même doit être surmonté. Cet obstacle est d'un caractère de cognition générale et n'ayant aucun rapport avec l'individualité du savant ni avec la spécificité de la nature d'objet à étudier.

Essayons d'expliquer au mieux ce phénomène. Attirons l'attention sur le fait que dans tout processus de variation, de mouvement, de développement, il existe toujours un instant de stabilité relative, de conservation. D'ordinaire, lors de la variation d'un objet, celui-ci garde toujours quelque chose de son état précédent. C'est à ceci qu'est dû le lien de succession entre les différentes étapes successives de son développement.

Ce qui vient d'être dit se rapporte également à la sphère spirituelle de la vie de l'homme y compris son activité scientifique créatrice. Ici, dans ce processus du mouvement de translation de la pensée humaine, on décèle également un instant de stabilité relative sous forme de période plus ou moins longue de conservation de l'étape de connaissance atteinte. En résultat de quoi, le développement de la pensée scientifique ne se fait pas suivant une droite, un ligne continuellement ascendante, mais graduellement, tant qu'on n'ait pas franchi dans une telle ou telle mesure (cette mesure dépend de nombreux facteurs et circonstances) le degré de connaissance déjà atteint et, par là même, tant que la transition au degré suivant, supérieur, encore n'est pas entièrement préparé, et cela tant que la pensée des savants n'évolue dans la direction de l'exhaustion maximum de l'étape atteinte précédemment. Dans ce but, est adapté un «mécanisme» particulier cognitif et psychologique destiné à freiner la pensée du savant qui se trouve à l'étape donnée et à l'empêcher de passer prématurément à l'étape supérieure (non préparée):

$$F \rightarrow P \mid G \quad (2)$$

Il est évident que si un tel «mécanisme» existe réellement il doit apparaître chez l'individu automatiquement, retenant sa pensée scientifique dans les limites de l'étape de savoir atteinte pour une durée plus ou moins prolongée. Ce «mécanisme» peut être comparé à des oeillères qui empêchent le cheval de voir de côté et l'obligent à suivre la route qui se présente. Dans le cas général, ce mécanisme est semblable au mouvement d'un moyen de transport suivant une voie tracée à l'avance. Dans ces conditions, si le moyen de transport s'écarte de la voie, il se crée une situation extraordinaire, voire catastrophique (cas du train qui déraile).

Par conséquent, à la première étape de son apparition et de son fonctionnement, le «mécanisme» supposé accomplit un important rôle positif. Il force d'épuiser au maximum le degré de savoir atteint et fait obstacle à une transition trop rapide au degré supérieur car, n'étant pas préparée, une telle transition ne peut assurer la connaissance réelle de l'objet étudié, par exemple la découverte d'une nouvelle loi de la nature ou la création d'une nouvelle théorie scientifique.

Mais on décèle une autre particularité dans le «mécanisme» supposé. Si son apparition se fait automatiquement, la cessation de son fonctionnement n'a pas un caractère automatique lorsque son rôle positif prend fin. Au contraire, même lorsque la transition à un degré supérieur du savoir devient non seulement possible mais aussi nécessaire, par conséquent, lorsque le degré atteint précédemment est déjà épuisé, le «mécanisme» indiqué continue de fonctionner aussi automatiquement et conti-

nuellement dans la direction prise. C'est ce qui fait obstacle à la transition de la pensée du savant à un degré supérieur du savoir.

En résultat de son automatisme, le «mécanisme» supposé que nous analysons a tendance à se transformer de forme de développement du savoir (quand il joue le rôle positif pour la cognition) en frein (quand son rôle positif est épuisé et quand il continue de fonctionner automatiquement, retenant la pensée du savant au degré atteint précédemment). Dans ce dernier cas, pour passer au degré supérieur du savoir, déjà suffisamment préparé, la pensée du savant est obligée de briser d'une manière ou d'une autre le «mécanisme» déjà épuisé, de rompre l'abstacle en lequel il s'est transformé et qu'il constitue pour tout le processus de la connaissance. Au fond, c'est en cette cassure et rupture que consistaient les découvertes scientifiques dont on a parlé plus haut:

$$P \overset{\curvearrowright}{\text{I}} G \quad (3)$$

La supposition de l'existence d'un tel «mécanisme» général nous semble fondée et vraisemblable. Toutefois, pour démontrer son existence et sa généralité, une analyse plus complète et profonde de l'activité créatrice de l'homme est nécessaire. Si ce qui a été dit plus haut est vrai, la pensée du savant une fois engagée dans la voie P , commence à se déplacer suivant cette voie, étant limitée par elle et étant privée des possibilités de passer sur une autre voie (au degré G). Ainsi, il s'avère donc qu'entre les degrés P et G une originale «barrière» se dresse devant la pensée du savant l'empêchant de passer de P vers G . Ainsi la découverte scientifique, lorsqu'elle est à point, consiste en ce que la pensée du savant force la «barrière» surgie entre P et G ou, plus exactement, trouve un procédé pour la franchir.

Donc, il existe le «mécanisme» supposé du fonctionnement de la pensée du savant lors de l'accomplissement de la découverte scientifique. Nous le désignerons sous le nom de franchissement de la barrière entre P et G . L'obstacle surgissant sur la voie de transition de P vers G sera désigné sous le nom de barrière cognitive et psychologique ou tout simplement barrière.

SUR LES «MODÈLES» DE LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE

S'il est vrai que dans la faculté de penser du savant, c'est-à-dire au niveau le plus élevé de l'activité de l'intellect humain, une barrière surgit entre P et G empêchant d'apercevoir G et forçant automatiquement à se maintenir dans la voie P , quelque chose de semblable mais seulement sous forme embryonnaire, élémentaire, doit apparaître également au niveau le plus bas de l'activité de la pensée de l'homme. Dans

ce cas, les processus cognitif et psychologique se déroulant aux niveaux inférieurs élémentaires peuvent servir de modèles pour des processus tels que l'activité créatrice des savants, la réalisation des découvertes scientifiques.

Analysons plusieurs simples problèmes de caractère psychologique. Par exemple, considérons le problème: «Montrez comment un client muet fait comprendre au vendeur qu'il a besoin d'un marteau». En réponse, les personnes questionnées font des gestes percutants de la main droite. Ensuite on demande: «Montrez à présent comment un aveugle se fait comprendre quand il a besoin d'une paire de ciseaux». La personne questionnée en réponse fait des gestes convergents et divergents avec deux doigts de la main droite. Toutefois, il est clair que contrairement au muet l'aveugle n'a pas à recourir au langage des gestes puisqu'il n'est pas privé de la faculté de parler.

La langage des gestes est une forme particulière de communication des pensées (*P*) dans des circonstances particulières (dans le cas du muet). Le problème est construit en considérant la circonstance que chaque personne normale est capable de créer une barrière entre *P* et *G*. La pensée des personnes interrogées une fois orientée dans la voie *P* (le langage parlé est substitué au langage des gestes), une barrière surgit aussitôt empêchant de voir les autres formes particulières de l'expression des pensées et en premier lieu de la possibilité de recourir au langage parlé (*G*).

Il est certain que ce problème est construit artificiellement de manière à détourner l'attention des personnes interrogées du fait bien connu que seuls les muets sont privés de la capacité de parler, tandis que les aveugles, les sourds, les boiteux, etc. ne le sont pas. Pourquoi alors à la question: «comment agira l'aveugle dans des cas analogues?» vient une réponse continuant automatiquement celle à la première question (du muet)? Est-ce que cela ne prouve-t-il pas qu'ici, en réalité, surgit une barrière fixant le mouvement de la pensée dans la voie *P*?

Un autre problème. On montre les deux mains, les doigts écartés et on demande: «Combien y a-t-il de doigts?» Réponse: «Dix». Une autre question suit: «Et pour dix mains, combien y a-t-il de doigts?» Réponse: «Cent». Ici, la barrière surgit à nouveau liée cette fois au penchant bien déterminé du calcul mental: «si en multipliant un nombre on cite le nombre 10, il suffit alors d'ajouter un zéro au nombre nommé précédemment».

Dans les cas considérés, la barrière surgissait soit aussitôt après la première question (problème du «client muet») soit qu'elle existait pratiquement déjà avant que la question ne soit posée (le problème des «cent doigts»). Les cas sont particulièrement intéressants lorsque la barrière surgit graduellement puis se manifeste brusquement.

On voit ici d'une manière particulièrement évidente la formation

de la barrière qui force la pensée de l'homme à se déplacer suivant une voie fixée à l'avance, et, en outre, la pensée s'avère incapable de s'écarter d'emblée de cette voie.

Des problèmes semblables témoignent de la présence ou de l'apparition d'une barrière dans l'activité mentale de l'homme dans des conditions les plus ordinaires (élémentaires).

DÉTAILS DU «MÉCANISME» DE LA DÉCOUVERTE (RÔLE DU «TREMPLIN»)

À présent, essayons de voir sur les mêmes «modèles», mais avec plus de détail, le mécanisme du franchissement de la barrière, surgie dans la pensée de l'homme. Il s'agit des «questions suggestives», des mots soufflés. Dans le cas du problème des «cent doigts», on peut attirer l'attention de la personne interrogée sur l'aspect qui lui échappe. En lui montrant les deux mains, au lieu de lui poser la question: «Combien y a-t-il de doigts?» on demande d'abord: «Combien y a-t-il de doigts à mes deux mains?» Les mots «mes deux mains» (accentués sur le «deux») servent ici de questions suggestives. Ou bien on montre d'abord une main en demandant «Combien y a-t-il de doigts?», ensuite «combien y a-t-il de doigts à mes deux mains?» etc. Ou bien après avoir reçu une réponse inexacte (100 doigts aux dix mains) on peut demander: «S'il y a cent doigts aux dix mains combien y en a-t-il à une?» La division par dix donne une réponse absurde.

On peut souffler par geste. Par exemple dans le problème «Deux personnes voulant passer la rivière». la barrière est due à ce que les conditions du problème ne sont pas exposées d'une manière déterminée: «Deux personnes demandent à un pêcheur sa barque. Il la donne à condition qu'après avoir traversé la rivière, la barque soit remise à sa place première et de plus qu'une seule personne y prenne place». La solution peut être suggérée sans l'emploi de paroles en faisant des mouvements de rencontre avec les index des deux mains (ces deux personnes s'étant approchées de la rivière chacune d'une rive opposée).

Une telle suggestion peut être considérée comme une sorte de tremplin cognitif et psychologique (plus brièvement, tremplin) qui aide la pensée lors de sa progression de P vers G à franchir la barrière surgie sur cette voie. Si la barrière, telle les oeillères, retient le mouvement de la pensée dans des limites (P) déjà formées, le tremplin, lui fait entrevoir ce que les oeillères cachent et semble «souffler» le procédé à l'aide duquel on peut franchir la barrière donnée:



Dans les cas les plus simples, celui qui pose le problème connaît sa solution et peut d'une manière ou d'une autre diriger la pensée de la personne interrogée sur cette solution. Dans les cas plus compliqués (découverte scientifique, invention technique), personne ne connaît encore la solution du problème étudié. Il faut la trouver. Ici, le rôle de souffleur est tenu par une association fortuite, capable d'une certaine manière, souvent inattendue, de relier entre eux des domaines distincts de la réalité sur la base des analogies existant entre eux (parfois purement extérieures).

Kekulé raconte que l'idée de la structure des anneaux du benzène lui est venue en observant comment des singes en cage s'accrochaient entre eux. Dans le cas présent, un concours de circonstances (par exemple, l'action d'enfiler des perles: d'abord elles se disposent en une chaînette ouverte, puis la chaînette se ferme en anneau) plus ordinaire (et par conséquent moins frappant) peut servir de «suggestion».

Ainsi, une association fortuite peut suggérer la solution d'un problème, ce dont témoigne l'histoire des découvertes scientifiques et des inventions techniques. L'association surgit en résultat d'une coïncidence fortuite (au point d'intersection de deux séries d'événements nécessaires mais entièrement indépendants); elle donne la possibilité de surmonter la barrière.

Cela signifie que l'association fortuite devient elle même nécessaire au moment où se résoud le problème scientifique ou technique, c'est-à-dire au moment où on franchit la barrière qui cache derrière elle la solution cherchée en empêchant de la trouver.

LE PROBLÈME DU FONCTIONNEMENT DE L'INTUITION AU COURS DE LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE

En abordant psychologiquement le processus de la découverte scientifique ou de l'invention technique, nous pouvons le qualifier comme résultat du fonctionnement de l'intuition. De la même manière, nous pouvons déterminer la voie par laquelle les modèles cités ci-dessus sont réalisés: dans tous les cas, la rapidité et l'exactitude de la solution sont en fin de compte fonction de la capacité développée de la pensée intuitive.

D'ordinaire, l'intuition se définit comme une forme extralogique de l'activité mentale de l'homme et souvent même comme une activité subconsciente de son intellect. En effet, l'individu, dans le cerveau duquel l'intuition a réalisé son travail et a qui elle a soufflé la solution exacte, ne peut pas concevoir le «mécanisme» interne qui lui a permis d'arriver au résultat considéré: pour lui, cela s'est réalisé

directement, semblerait-il, sans étapes intermédiaires, avec lesquelles la logique a affaire. Comment cela se produit-il?

Dans les recherches de la solution du problème, la pensée (α) de l'homme fonctionnait continuellement dans une même direction déterminée. A l'instant où semble-t-il rien ne présage ce résultat positif de ces recherches, une toute autre direction de la pensée, provoquée par des événements manifestement extérieurs, surgit soudain et fortuitement. Cette autre direction de la pensée (β) semble se superposer (se couper) à celle suivie jusqu'alors par la pensée du savant ou de l'inventeur:



A l'instant où se produit une telle superposition (ou intersection), soudain l'intuition se met à travailler: elle suggère (comme si on entendait une voix intérieure ou même une «voix» de l'au-delà) que la clé du problème examiné se trouve dans la deuxième chaîne des événements ayant fait irruption par hasard. Ainsi cela peut paraître une révélation ou intuition.

En réalité, tout cela est bien plus compliqué. Premièrement, sans un travail antécédent, parfois très long et laborieux de la pensée du savant ou de l'inventeur, aucune intuition ne peut donner un résultat valable. Ce n'est seulement que si la pensée a effectué un travail préparatoire antécédent (du point de vue de la recherche de la solution considérée) que l'intuition peut fonctionner et conduire à la solution cherchée. Par exemple, les singes en question ou l'enfilement des perles ont été observés par de nombreuses personnes et probablement aussi par Kekulé. Cependant, ces phénomènes ordinaires n'ont pu suggérer une solution déterminée lors de l'élaboration de la théorie des structures en chimie organique qu'à la seule condition que l'on ait compris le problème scientifique posé de lui-même et que l'on ait réalisé des études dans la direction considérée d'une durée plus ou moins prolongée (jusqu'alors sans résultat).

Deuxièmement, l'intuition en tant que forme de déduction immédiate, précisément en vertu de cette particularité (spontanéité de la déduction) ne donne pas la possibilité d'expliquer son fonctionnement, étant donné que toute explication semblable suppose l'indication de chaînons complétant nos conclusions et déductions. Ici, ces chaînons n'existent pas. C'est pourquoi l'explication du point de vue de sa conception ordinaire s'avère ici impossible.

Troisièmement, le fonctionnement de l'intuition qui a pour résultat la détermination d'une solution définie peut, partiellement et même entièrement échapper à l'attention ou à la mémoire de l'individu dans le cerveau duquel il a eu lieu, surtout si l'impulsion ex-

térieure dans l'association déterminante à été tout à fait futile, non éclatante, et ne pouvant être retenue. Dans ce cas, la conscience de l'individu ne conserve que le processus et le résultat de «l'illumination», de «l'éclaircissement» soudain, etc., tandis que le prétexte insignifiant engendré par cette «illumination», cet «éclaircissement», etc., ne sera pas en général noté ou bien s'oubliera.

Ainsi, le fonctionnement de l'intuition ne représente par lui-même qu'un seul instant (de plus, en règle générale, très bref) dans la longue suite des événements liés à l'activité chercheuse, créatrice, celle de la pensée scientifique ou d'invention de l'individu. C'est pourquoi, en dehors de cette suite qui conditionne le fonctionnement de l'intuition, cette dernière semble être entièrement incompréhensible et inexplicable. Son éclat, sa intensité propres au point culminant de tout développement, notamment au développement de l'activité intellectuelle créatrice de l'homme, contribuent à graver cet instant dans la mémoire du savant.

PROCESSUS DE LA DÉCOUVERTE ET INFORMATION SUR SES RÉSULTATS (INTUITION ET INDUCTION)

L'intuition n'est pas seulement une forme de l'activité psychologique de l'homme mais aussi une forme logique précise de la pensée, notamment, une forme de généralisation. La particularité de son action est liée à ce qu'une barrière, faisant obstacle à la transition de la pensée à un degré supérieur, surgit entre les deux degrés logiquement successifs du savoir. Une telle barrière peut surgir lors du passage du degré d'unicité (F) au degré de particularité (P). Ici aussi au lieu de la généralisation inductive ordinaire pour un tel cas c'est l'intuition qui apparaît. C'est elle précisément qui permet de franchir la barrière surgie entre F et P .

Mais après que la barrière entre F et P soit franchie, le travail suivant de la pensée conduit ce passage, réalisé à l'aide de l'intuition, aux formes logiques ordinaires de la déduction inductive. Dans ces formes habituelles pour l'homme, le résultat obtenu au moyen de l'intuition est transmis ensuite à d'autres personnes, mais cette fois sans aucun recours à l'intuition. En résultat, l'intuition et l'induction sont deux procédés (ou formes) différents de la généralisation: l'intuition — dans le processus de la recherche créatrice, l'induction dans le processus d'élaboration et de transmission de l'information déjà recueillie.

Cela se rapporte également à la transition plus compliquée et plus difficile de P vers G (vers la généralisation). Ici, par voie de simple induction, on ne peut en général atteindre le degré G . Il s'impose

pour s'accomplir non seulement la combinaison de l'induction et de la déduction (dans le but de vérifier la généralisation inductivement pressentie) mais aussi celle de l'analyse et de la synthèse, etc.

Toutefois, à l'instant même du passage vers G , par exemple au moment de la découverte d'une nouvelle loi de la nature ou de la création d'une nouvelle théorie scientifique, si entre P et G une barrière se dresse auparavant, le franchissement de cette barrière (avec l'utilisation de tremplin correspondant) se réalise toujours au moyen de l'intuition. Ici aussi, cette dernière s'avère comme une forme (ou un procédé) de généralisation, étant donné que le passage de P vers G (vers le général) ne peut être réalisé que par voie de généralisation.

Mais après que, l'intuition, aidant le passage vers G soit déjà réalisé, l'élaboration ultérieure du résultat obtenu permet de le ramener aux formes logiques ordinaires, comme on peut le démontrer sur l'exemple de l'histoire de la découverte de la loi périodique. Dans le cerveau de Mendelév la voie de cette découverte passait par la comparaison des poids atomiques voisins des éléments de différents groupes. Une fois la découverte faite, Mendelév l'a exposée d'une tout autre manière. Il disposa tous les éléments dans l'ordre de leur poids atomiques en commençant par l'hydrogène ($H = 1$) mais déjà sans comparer entre eux divers groupes admis préalablement comme il l'avait fait au cours de l'accomplissement de la découverte considérée. On décelait facilement la répétition périodique des propriétés des éléments en les disposant ainsi en une série unique.

A présent pour déceler la dépendance périodique des propriétés des éléments de leurs poids atomiques il n'y a plus qu'à suivre la même voie que celle empruntée par Mendelév lors de la découverte de la classification périodique, lorsqu'il se mit à inscrire un groupe d'éléments sous un autre dans le but de trouver la différence de leurs poids atomiques. Maintenant, on peut saisir bien plus rapidement et d'une manière plus simple l'essentiel de la découverte accomplie en commençant directement par construire une série générale de tous les éléments.

Cela montre que le cours de la découverte scientifique peut ne pas coïncider avec son bilan. Le cours de la découverte du tableau périodique correspondait au schéma $F-P-G$, tandis que l'information sur son bilan se construisait déjà sur un tout autre schéma, à savoir $F-G-P$, car la loi (G) s'établissait ici par la confrontation immédiate de divers éléments (F) d'après la valeur de leur propriété générale (poids atomique). Certains groupes d'éléments (P) étaient constitués par voie de coupage de la série générale des éléments en divers périodes et par disposition successive de ces périodes les unes sous les autres.

Par conséquent, il existe, premièrement, une logique de l'accom-

plissement de la découverte, par exemple celle de la loi de la nature (G) — ici l'intuition est la forme de la pensée généralisante. Deuxièmement, la logique de l'élaboration de la découverte faite et l'information sur cette dernière qui se distingue nettement de l'intuition — ici, en tant que formes de la pensée généralisante, se dégagent les procédés bien connus dans toute logique, tels que l'induction et la déduction, l'analyse et la synthèse, etc. Dans la logique de la découverte ils sont présents également, mais seulement sous forme implicite, étant cachés par les processus sommatoires du fonctionnement de l'intuition. De plus, l'ordre de leur succession et le caractère de leur interaction peuvent être différents, en fonction du caractère propre du travail de l'intuition. Dans la logique de l'information et l'élaboration de la découverte faite au contraire, tous ces procédés logiques se dégagent non seulement sous une forme nette mais aussi en une succession rigoureuse qui répond au mouvement logiquement réglementé de la pensée humaine.

AU SUJET DE LA DÉCOUVERTE DES LOIS DE L'ATOMISTIQUE CHIMIQUE

Pour confirmer tout ce qui a été dit, référons-nous à l'histoire de la création de l'atomistique chimique par Dalton. La voie réelle du développement de la pensée créatrice de Dalton fut la suivante: observant des phénomènes météorologiques, Dalton s'intéressa à la diffusion des gaz. Il réfuta l'hypothèse chimique de Barthollet (les gaz se mélangent parce qu'ils s'attirent réciproquement et se dissolvent l'un dans l'autre) en lui opposant l'hypothèse mécanique (1801) (les particules des différents gaz ont des diamètres différents et c'est pourquoi les unes disparaissent dans les interstices formés par les autres tout comme les petits plombs disparaissent entre les boules des gros plomb). Pour vérifier son hypothèse, Dalton se référa aux données de l'analyse chimique: pour déterminer le diamètre relatif des particules des différents gaz, il faut diviser le volume total occupé par tout le gaz en nombre total des particules. Mais pour déterminer le nombre total des particules il faut diviser le poids de gaz total en le poids relatif d'une seule particule. Si on prend pour unité ($H = 1$) le poids de l'hydrogène on peut obtenir de là les poids relatifs des particules des autres éléments ainsi que de leurs combinaisons. Mais, comme on croyait les atomes indivisibles, alors pour un atome d'un élément, il ne pouvait y avoir qu'un nombre entier et non fractionnaire d'atomes d'un autre élément.

Telle était la loi des proportions multiples prévue hypothétiquement par Dalton (1803). Les données de l'analyse chimique des oxydes

d'azote, de soufre et de carbone, obtenues par d'autres chimistes, semblaient confirmer cette hypothèse. Une année plus tard (1804) Dalton décida de la vérifier lui-même par des analyses. Il détermina la composition chimique de l'éthylène (C_2H_4) et du méthane (CH_4) et trouva que, dans le premier cas, pour une même quantité d'hydrogène, il y a deux fois plus de carbone que dans le second. Ce fut la confirmation expérimentale directe de l'hypothèse émise et en même temps de la base théorique de l'atomistique chimique.

C'est précisément à cette époque que Dalton fit part à Thomas Thomson de la découverte réalisée. Toutefois, Dalton construisit son information vraisemblablement d'une toute autre manière que celle dont s'est produite sa découverte. Il commença par relater du résultat de sa découverte, c'est-à-dire les données de l'analyse chimique de la composition de l'éthylène et du méthane. Le premier gaz contient 85,70% C et 14,30% H, le second 75% C et 25% H. Ces expressions en pour-cent donnent aucune idée des lois qu'elles renferment. Mais si on prend pour unité ($H = 1$) le poids de H, on obtient les proportions suivantes: 6 parties de C pour 1 partie de H dans l'éthylène et 3 parties de C pour 1 partie de H dans le méthane. Par conséquent, dans le premier cas, il y a deux fois plus de carbone (pour une même quantité de H) que dans le second cas.

Prenant le poids de l'atome C égal à 6 (en réalité $C = 12$), Dalton (pour $H = 1$) obtient les deux formules: CH (pour l'éthylène) et CH_2 (pour le méthane).

Cette information allait dès données de l'expérience chimique directe vers l'énonciation de la loi des proportions multiples et ensuite vers l'explication théorique (par l'intermédiaire de la représentation atomistique) de cette loi par l'introduction de la notion de poids atomique; du point de vue logique, cette information est construite bien plus élégamment et plus conséquemment que le cours alambiqué et embrouillé parcouru réellement par la pensée de Dalton. Pour cette raison l'information de Dalton fut aussi facilement assimilée par Thomson (et par Thomson transmise à tous les chimistes) tout comme si elle mettait en lumière le cours réel de la découverte faite par Dalton. Dans le cas présenté, le cours idéalisé des raisonnements jeté à la base de l'information sur la découverte de l'atomistique chimique par Dalton correspondait au schéma ordinaire $F-P-G$; d'abord (F), c'est-à-dire divers faits, des données de l'analyse chimique; puis (P), c'est-à-dire, la loi particulière de la composition chimique de corps particuliers composés des mêmes éléments, mais dans des proportions différentes; enfin G , c'est-à-dire la représentation générale sur la structure atomistique des corps.

En réalité, le cours de la découverte daltonienne était directement inverse à ce que se représentait Thomson sur la base de l'information

donnée par Dalton. Le cours réel de la découverte (comme l'on montré Rosco et Garden presque cent ans plus tard d'après l'analyse des notes de Dalton) avait pour point de départ des relations générales atomistiques, physiques (et même mécaniques) et se termina (mais ne commença pas) par l'étude expérimentale de la composition chimique de divers corps. Par conséquent, le cours réel de la découverte correspondait à un tout autre schéma, à savoir $G-P-F$; il partait des idées sur le général (G — sont des représentations atomistiques) en passant par la prévision d'une loi particulière (P est la loi des proportions multiples) vers la vérification finale de la loi prévue, et, par là même, vers les représentations atomistiques générales à l'aide des données de l'analyse chimique (F est l'analyse de corps divers).

Ainsi, ici l'aspect psychologique de la découverte ne correspond pas avec l'élaboration logique de son résultat.

CONCLUSION

On peut énoncer la conclusion suivante: au cours de la réalisation de la découverte scientifique, son aspect psychologique et son aspect logique, formant un tout unique et indivisible, sont liés entre eux en tant que particulier (spécifique, individuel) et général (universel, commun). L'individuel trouve son reflet dans l'aspect psychologique, le commun dans l'aspect psychologique et dans l'aspect logique. La forme concrète et la solidité relative de la barrière qui surgit sur la voie entre P et G en tant qu'étapes générales du savoir dépendent des particularités individuelles de l'activité cognitive du sujet donné. C'est d'eux que dépendent dans une plus grande mesure encore le caractère et le procédé de formation du tremplin qui permet de franchir la barrière donnée ainsi que la particularité de l'action de l'intuition dans le processus de son franchissement.

Le franchissement (à l'aide du tremplin) d'une telle barrière entre P et G n'est possible que grâce au travail créateur de l'intuition. Ceci est une loi commune propre non à tel ou tel individu avec son appareil de cognition concret, mais à tous les hommes en général.

Tout ceci se rapporte à la sphère de la psychologie car sa sphère est tout ce qui est spécifiquement inhérent à chaque processus considéré de la pensée, puisqu'il se déroule dans le cerveau de toute personne ou groupe de personnes. Tandis que la sphère de la logique c'est tout ce qui est général, propre à tout processus de la pensée étant donné qu'il est orienté vers la recherche et la découverte de la vérité, vers sa vérification et sa confirmation dans la science.

Le dégagement des degrés généraux de la connaissance ($F-P-G$) par lesquels la science passe dans le processus du mouvement allant

de F vers P et de P vers G est essentiel pour la logique. La logique s'abstrait totalement de toutes les voies et carrefours exceptionnels et des procédés propres par lesquels se réalisent les transitions entre F , P et G dans le cerveau de chaque savant. Elle laisse tout à la psychologie de la création scientifique.

Ainsi, dans la mesure où le passage soit de F vers P soit de P vers G est constamment présent dans le processus de toute découverte scientifique, ce processus peut être l'objet de recherche logique. Mais, étant donné que la forme de déroulement du processus donné est en général indivisible de son contenu, son étude complète ne peut être achevée que par la conjugaison des procédés logiques et psychologiques étant menée comme une recherche logique et psychologique unique.

Dans une certaine mesure, le rapport entre la logique et la psychologie de la création scientifique peut être comparé au rapport existant entre un édifice bâti (résultat) et les échafaudages dans lesquels se faisait sa construction (processus de l'accomplissement du résultat considéré dans tous ses détails). Tout comme un édifice achevé se présente au regard de l'homme contemporain, lorsqu'il est entièrement libéré de ses échafaudages, il en est de même dans la science quand devant la pensée des hommes contemporains surgit le résultat logiquement élaboré de l'acte créateur de la découverte scientifique. Toute la voie alambiquée disparaît entièrement du champ visuel des hommes, comme lorsqu'on retire les échafaudages qui jadis servaient les buts de la construction, et puis, lors de son achèvement sont devenus inutiles et même gênants.