Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 23 (1941)

Artikel: L'axiomatique des opérations constitutives du temps
Autor: Piaget, Jean
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741154

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Cette métrique spontanée née de l'union de l'emboîtement avec la sériation, suppose naturellement une spatialisation du temps: c'est la découverte et l'égalité des volumes d'eau déplacés ou celle, plus simple, de l'égalité des hauteurs séparant les niveaux successifs en II qui conduit le sujet au choix de l'unité A_2B_2 à la fois emboîtable et sériable.

En conclusion, la construction psychologique du temps consiste surtout en une coordination logique progressive (« groupement ») des rapports d'emboîtement, l'intuition perceptive demeurant insuffisante à elle seule.

Jean Piaget. — *L'axiomatique des opérations constitutives du temps.*

Si nous cherchons à formuler axiomatiquement les opérations en jeu dans la construction psychologique qui précède, nous retrouvons le même mécanisme que dans la genèse du nombre conçu comme une synthèse de la classe et de la relation asymétrique. Cette notion, déjà exposée en une communication antérieure [1], apparaît ainsi comme applicable à la formation des quantités en général puisqu'elle se retrouve dans le cas de cet autre *quantum* qu'est le temps: au reste, il est immédiatement visible qu'une fois quantifiés l'ordre temporel et l'emboîtement des intervalles correspondent à l'ordination et à la cardination numériques.

I. Le temps qualitatif. — 1. *L'ordre temporel.* Le temps qualitatif repose à la fois sur l'ordre des événements (notions de l'avant et de l'après) et sur la durée des intervalles (moments plus ou moins longs). Mais comme ces deux constructions s'appuient l'une sur l'autre, il est indifférent de commencer par l'une ou par l'autre. Partons donc de l'ordre.

Soit une suite d'événements (par exemple les niveaux successifs dont il a été question plus haut): A_1; B_1; C_1; etc... Il suffit

[1] *La construction psychologique du nombre entier.* C. R. Soc. phys. et hist. nat. de Genève, *56*, 92, 1939.

pour les sérier de leur appliquer les règles du « groupement des relations asymétriques »[1]:

$$A_1 \xrightarrow{a} B_1 \xrightarrow{a'} C_1 \xrightarrow{b'} D_1 \xrightarrow{c'} \ldots, \text{ etc.} \qquad (1)$$

Ce qui signifie simplement que l'état A_1 précède l'état B_1 ou que l'état C_1 succède à l'état B_1, etc... Indépendamment de toute métrique, d'une part, et de toute considération sur la durée des intervalles, d'autre part, une telle sériation implique que si A_1 précède B_1 et que si B_1 précède C_1 alors A_1 précède C_1 (soit $A_1 \xrightarrow{a} B_1 + B_1 \xrightarrow{a'} C_1 = A_1 \xrightarrow{b} C_1$). En fait ces opérations logiques sont nécessaires à la construction de la série et il est facile de constater psychologiquement leur intervention effective. Les mêmes lois s'appliquent naturellement à la série $A_2 \xrightarrow{a} B_2 \xrightarrow{a'} C_2$ ... etc.

2. *La simultanéité.* Chacune des sériations précédentes constitue donc une suite additive de relations asymétriques $a + a' = b$; $b + b' = c$, etc. Si maintenant nous voulons mettre ces deux suites en relations réciproques, il suffit de les multiplier l'une et l'autre (grâce à la « multiplication logique des relations qualitatives ») par une troisième relation susceptible d'assurer cette correspondance. En faisant abstraction du temps nécessaire à la première et à la dernière goutte pour le trajet entre les bocaux I et II (c'est-à-dire si nous considérons les colonnes I et II comme contiguës ou la vitesse de chute dans l'air comme infinie), cette relation unissant A_1 à A_2, B_1 à B_2, etc... sera la *simultanéité:*

$$\begin{array}{ccccccc} A_1 & \xrightarrow{a} & B_1 & \xrightarrow{a'} & C_1 & \xrightarrow{b'} & D_1 \ldots, \text{ etc.} \\ \updownarrow a & & \updownarrow a & & \updownarrow a & & \updownarrow a \\ A_2 & \xrightarrow{a} & B_2 & \xrightarrow{a'} & C_2 & \xrightarrow{b'} & D_2 \ldots, \text{ etc.} \end{array} \qquad (2)$$

La simultanéité est une relation symétrique qui peut être conçue formellement comme le produit de deux relations d'ordre mais inversés: si $A_1 \underset{\leftarrow}{\overset{a}{\underset{a}{\rightarrow}}} A_2$, c'est-à-dire si A_1 précède A_2

[1] Voir notre article sur « Le groupement des relations asymétriques transitives » dans les *Mélanges Arnold Reymond*, in Rev. de Theol. et de Phil., Lausanne, 1940.

et lui succède à la fois, alors l'ordre est annulé: ($\xrightarrow{a} + \xleftarrow{a} = 0$) et A_1 est simultané par rapport à A_2.

D'autre part, pour introduire physiquement la simultanéité, nous avons dû faire une abstraction grossière en introduisant une vitesse infinie. Or, toute simultanéité réelle requiert une abstraction de ce genre. Même si je vois dans un même champ visuel deux mobiles s'ébranler « en même temps », il a fallu que mon regard passe de l'un à l'autre et je dois faire abstraction de la vitesse du mouvement de mes yeux (qui n'a rien d'infini). La simultanéité n'est donc jamais en fait que la limite d'une relation d'ordre entre deux événements dont les lieux sont séparés et la simultanéité absolue n'est matériellement possible que pour un seul et même événement bien localisé ($A_1 \underset{a}{\overset{a}{\rightleftarrows}} A_1$).

3. *La durée.* En dehors de toute métrique, nous ne savons rien du temps absolu écoulé entre A_1 et B_1. Par contre, et c'est en ceci que consiste le temps qualitatif, nous savons d'emblée qu'entre A_1 et C_1 il s'écoule plus de temps qu'entre A_1 et B_1. L'emboîtement des intervalles permet donc une évaluation relative de la durée dont voici le principe. Considérons pour simplifier le temps comme un objet, tel qu'une ligne dont les segments constituent les parties. Nous pouvons alors appliquer aux durées le groupement additif des classes [1]: soient α_1 = l'intervalle s'étendant de A_1 compris à B_1 non compris; α_1' = idem de B_1 compris à C_1 non compris; β_1' = idem entre C_1 et D_1; etc... On a:

$$\alpha_1 + \alpha_1' = \beta_1 \; ; \quad \beta_1 + \beta_1' = \gamma_1 \; ; \quad \gamma_1 + \gamma_1' = \delta_1 \; ; \quad \text{etc.} \qquad (3)$$

Ce qui signifie: l'intervalle α_1 réuni à l'intervalle α_1' constitue un intervalle β_1, etc... D'où $\beta_1 > \alpha_1$ et $\beta_1 > \alpha_1'$; $\gamma_1 > \beta_1$ et $\gamma_1 > \beta_1'$, etc. Mais naturellement on ne sait rien du rapport entre α_1 et α_1', etc., ou entre β_1 et β_1' ou encore entre α_1 et β_1', etc... Notons que l'addition de ces intervalles est commutative $\alpha_1 + \alpha_1' = \alpha_1' + \alpha_1$ tandis que l'addition sériale ne l'est pas,

[1] Voir notre exposé dans L'Enseignement mathématique, *36*, 99-108, 1937.

ce qui montre assez la différence des deux opérations. Il n'en reste pas moins que l'on peut partir de l'emboîtement des intervalles α_1, β_1, γ_1, etc... pour en déduire l'ordre des événements limites aussi bien que l'inverse.

II. Le temps métrique. — La structuration qualitative du temps conduit donc à deux opérations essentielles: la sériation des événements (y compris leur mise en simultanéité) et l'emboîtement des intervalles, mais sans que le rapport entre ces deux groupements permette de comparer un intervalle α au suivant α'. Nous pouvons seulement dire que les intervalles α et α' sont qualitativement équivalents en tant qu'emboîtés tous deux en β (soit $\alpha = \alpha'$), mais alors nous faisons abstraction de leur caractère d'être successifs; ou que leurs termes limites se succèdent, mais alors nous ne parlons plus des intervalles. Du point de vue qualitatif, l'égalité $\alpha = \alpha'$ signifierait l'identité $\alpha = \alpha$ d'où $\alpha + \alpha = \alpha$ et non pas 2α. Nous n'avons donc jamais $\alpha = \alpha'$ au sens de l'égalité inconditionnelle de deux durées successives.

Le passage du temps qualitatif au temps métrique s'effectue donc dès qu'il y a possibilité de considérer les intervalles comme étant à la fois *égaux entre eux* et cependant *différents par leur ordre de succession*, soit [1]:

$$\alpha + \alpha'(\alpha' = \alpha) = \beta(= 2\alpha) \; ; \quad \beta + \beta'(\beta' = \alpha) = \gamma(= 3\alpha) \; ; \quad \text{etc.}$$

Comment s'opère cette transformation ? Par la promotion d'un temps α en *unité mobile* susceptible d'itération, c'est-à-dire appliquable à des moments successifs du temps: alors seulement l'addition sériale $\underset{\rightarrow}{a} + \underset{\rightarrow}{a'}$ se confond avec l'addition des intervalles $\alpha + \alpha$, car dans $\alpha + \alpha = 2\alpha$ l'addition est à la fois commutative et sériale (ou, plus précisément, cardinale et ordinale).

Mais une telle mesure du temps suppose 1° une métrique spatiale (l'égalisation $\alpha = \alpha'$ repose sur l'égalité des espaces parcourus par un même déplacement de durée constante: ici la hauteur $A_2 \uparrow B_2$). 2° Une cinématique: conservation de la vitesse du mouvement et isochronisme, donc relations entre

[1] Voir note infrapaginale p. 26.

V, T et E. 3° Enfin et surtout la possibilité de parcourir par la pensée le temps dans les deux sens: le temps n'est mesurable que s'il est réversible et cette réversibilité, préparée par la sériation et l'emboîtement hiérarchique, s'achève avec leur fusion opératoire, laquelle seule constitue une métrique.

Fernand Chodat et **Erwin Haag.** — *Sur les conditions d'accumulation des caroténoïdes chez une algue verte.* II. *Consommation comparée de quelques aliments dans les milieux caroténogène et anticaroténogène.*

On sait que *Dictyococcus cinnabarinus*, cultivé respectivement dans les milieux A et C, forme beaucoup plus de caroténoïdes en C qu'en A.

Dans la note précédente [1], nous avons montré que cette accumulation de caroténoïdes en milieu C est accompagnée d'une accumulation de lipides. Avant d'établir le rôle joué par chacun des constituants nutritifs dans ce phénomène d'accumulation, nous avons suivi la consommation de quelques aliments des milieux A et C au cours de la croissance de l'algue. La note présente rapporte les résultats obtenus.

Les aliments dont nous avons mesuré la quantité disparue sont: le glucose, le phosphate et le nitrate. L'ose a été dosé d'après Kolthoff, l'ion phosphorique d'après Bell-Doisy-Briggs, et l'ion nitrique d'après Lemoigne, Monguillon et Desveaux. En même temps, la croissance a été suivie par le poids sec de la récolte d'algues.

Les milieux de culture étaient les suivants:

	Milieu A	Milieu C
$SO_4Mg + 7H_2O$ . . .	83,3 mg	83,3 mg
PO_4KH_2	83,4	83,4
ClK	83,2	83,2
$(NO_3)_2Ca + 4H_2O$ . .	1000	200
$SO_4Fe + 7H_2O$ . . .	2,5	—
Eau distillée q.s. pour	1000 cc	1000 cc

[1] C. R. Soc. phys. hist. nat. de Genève, *57*, 265, 1940.