Introduction à la topologie du temps

Raphaël Millière – ATMOC – 17 février 2012

> « À la différence de Newton et de Schopenhauer, votre ancêtre ne croyait pas à un temps uniforme, absolu. Il croyait à des séries infinies de temps, à un réseau croissant et vertigineux de temps divergents, convergents et parallèles. »
>
> J. L. BORGES, *Le jardin aux sentiers qui bifurquent*

Préambule

W. H. Newton-Smith est l'un des rares auteurs contemporains à s'être intéressé sérieusement et systématiquement à la topologie du temps[1]. L'originalité de son approche tient à la conviction, assez compréhensible chez un philosophe des sciences, que la question de la topologie du temps, exactement comme celle de la géométrie de l'espace, est en dernière analyse un problème *empirique* qui requiert une enquête *a posteriori*. Robin Le Poidevin résume bien l'évolution de la philosophie du temps dans ce domaine :

> « Si nous ne pouvons découvrir aucune incohérence dans [les] topologies non standard [du temps], alors nous n'avons aucune raison de supposer que le temps possède nécessairement ses propriétés topologiques. Il n'y a qu'un pas de ce constat à l'idée que la topologie est essentiellement une affaire empirique. Je ne veux pas dire par là que l'observation détermine complètement une topologie, mais qu'il est du ressort d'une théorie *physique* que le temps ait telle topologie, et cela joue un rôle explicatif dans l'interprétation des résultats empiriques. Le rôle du philosophe, dès lors, n'est pas de montrer que le temps a telle ou telle topologie, mais plutôt de démontrer les conséquences de l'assomption qu'il a telle ou telle topologie. »
>
> R. LE POIDEVIN [1990], p.420-421

Le champ d'investigation ouvert par l'étude rigoureuse de la topologie du temps, qui demeure relativement marginal, est un bon exemple de l'intérêt du formalisme pour faire progresser nos intuitions confuses et réviser nos concepts inadéquats concernant le temps. On sait quelle fut toujours la difficulté des philosophes, depuis Aristote, à déterminer la nature exacte du temps sans sombrer dans le paradoxe et la métaphore. Réfléchir sur la topologie du temps permet précisément de s'interroger en détail sur les *propriétés* de tel ou tel système temporel, sans s'engager en faveur du *platonisme* (les « items » temporels, e.g. les instants, existent indépendamment des événements) ou du *réductionnisme* (ces items temporels sont réductibles à des collections d'événements). Il s'agit donc, au sens large, d'un exercice d'ontologie formelle, mais l'aspect empirique de l'enquête telle qu'elle est présentée par Newton-Smith le situe également à la frontière de l'ontologie traditionnelle et de la physique théorique[2].

1. Quelques modèles topologiques du temps

1.1 La topologie standard

La notion de propriété topologique est empruntée aux mathématiques ; elle y désigne toute propriété possédée par une structure qui est préservée dans toutes les transformations

---

[1] Newton-Smith [1980]. Il n'est évidemment pas, pour autant, le premier ni le dernier à s'y être intéressé. Une fois n'est pas coutume, le travail d'A. N. Prior fut pionnier dans ce domaine, les premiers développements substantiels de la topologie du temps étant naturellement contemporains du développement de la logique temporelle ; cf. en particulier Prior [1967, chap. 3]. À la même époque, on peut saluer *inter alia* les travaux de Quinton [1962] et Swinburne [1968, chap.10] qui ne proposent toutefois aucune formalisation. Depuis, la topologie du temps s'est essentiellement développée en lien avec certains travaux en sémantique ou logique temporelle, en Intelligence Artificielle et en ontologie formelle (méréotopologie des événements).

[2] Je ne mentionnerai pas les débats qui ont trait à l'interprétation des théories physiques du temps, en particulier de l'espace-temps de la physique relativiste. Pour un aperçu complet de ces discussions en lien avec les problèmes topologiques, on peut également se reporter à Newton-Smith [1980].

continues de cette structure. Prenons l'exemple du *tore*, figure géométrique tridimensionnelle exemplifiée empiriquement par un objet tel qu'un donut ou un anneau : quelle que soit la manière dont on distord un tore, tant que sa surface n'est pas « rompue » ou « déchirée », il demeure un tore, i.e. il conserve ses propriétés topologiques :

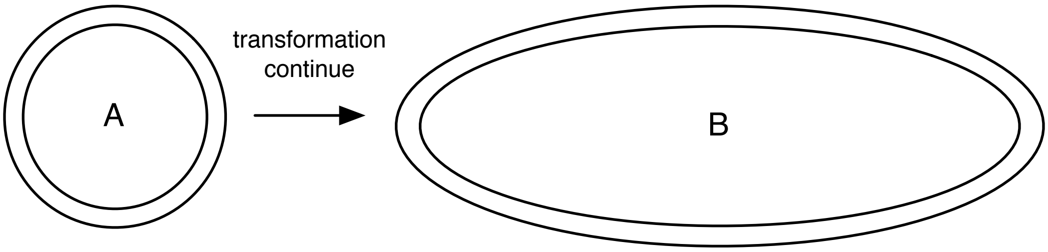

fig.1 *– transformation continue : A et B possèdent les mêmes propriétés topologiques*

Il convient par surcroît de distinguer *propriétés topologiques* et *propriétés métriques*. Les propriétés métriques s'énoncent par une référence à quelque mesure quantitative de distance et sont rarement préservée par une transformation continue. Par exemple, la circonférence externe du tore A est une propriété métrique qui n'est pas conservée dans la transformation qui forme le tore B (circB > circA).

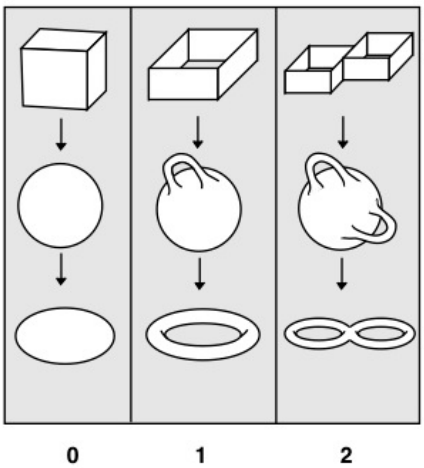

fig.2 *– classes de surfaces homéomorphes*

« En termes simples, la topologie est le cadre mathématique dans lequel on étudie la continuité : les propriétés topologiques sont celles qui demeurent insensibles aux transformations continues. Ainsi, la taille et la distance sont en un sens ignorées dans la topologie : étirer, compresser (*squeezing*) ou « pétrir » (*kneading*) une figure en change la métrique mais pas la topologie ; la découper, la déchirer ou la percer change cette dernière. Par conséquent, un topologiste ne distingue pas un triangle, un carré et un cercle ; ou une balle de football et une balle de rugby ; pis encore, une tasse de café et un anneau de tringle à rideau sont la même entité topologique. Cependant, il est capable de reconnaître la différence entre un bol et une choppe de bière : à cause de sa poignée, la choppe ne peut être déformée de manière continue pour former un bol. »

M. Lachièze-Rey et J.-P. Luminet [2003]

Nous pouvons définir une structure comme un ensemble ordonné. Dans le cas du temps, cet ensemble est l'ensemble des items temporels ordonnés par les relations temporelles variées définies sur cet ensemble. Nous nous demanderons si le temps possède, entre autres, les propriétés topologiques remarquables suivantes :

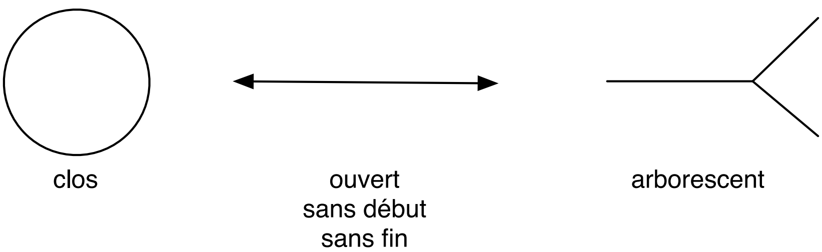

fig.3 *– différentes propriétés topologiques possibles du temps*

Nous pouvons nous poser trois questions :

(1) quelle est la structure topologique que nous assignons *de fait* au temps ?
(2) quel est le contenu intégral de notre concept du temps conçu en tant qu'il possède tel ou tel ensemble de propriétés topologiques ?
(3) quelle est notre justification à penser que le temps a une structure topologique particulière ?

Seule la question (1) peut facilement recevoir une réponse : la plupart des gens, des physiciens et des philosophes conçoivent naturellement le temps sous la forme d'un segment non restreint. On peut appeler la structure ainsi décrite la *topologie standard* du temps. Selon la topologie standard, le temps est linéaire, dense (i.e. il y a un instant entre toute paire d'instants distincts), sans début et sans fin.

Il y a au moins deux manières de représenter la topologie implicite de la conception standard du temps sans « réifier » le temps, c'est-à-dire sans en faire une entité ou un objet du même type que ceux que nous concevons *dans* le temps. La première consiste à utiliser les ressources d'un langage quantificationnel du premier ordre, en prenant comme domaine de quantification l'ensemble de tous les instants du temps. Nous introduisons un prédicat dyadique, T, interprété comme la relation d'antécédence temporelle. Tout système temporel dans lequel la relation d'antécédence définie sur l'ensemble des instants obéit aux axiomes suivants valide la topologie standard :

T1.	$\forall x\, \neg Txx$	[T irréflexive]
T2.	$\forall x\, \forall y\, (Txy \rightarrow \neg Tyx)$	[T asymétrique]
T3.	$\forall x\, \forall y\, \forall z\, ((Txy \wedge Tyz) \rightarrow Txz)$	[T transitive]
T4.	$\forall x\, \forall y\, (x \neq y \rightarrow Txy \vee Tyx)$	[connexion]
T5.	$\forall x\, \forall y\, \exists z\, (Txy \wedge x \neq y \rightarrow Txz \wedge Tzy \wedge z \neq x \wedge z \neq y)$	[densité]
T6.	$\forall x\, \exists y\, Txy$	[ouvert futur]
T7.	$\forall x\, \exists y\, Tyx$	[ouvert passé]

T1 garantit qu'aucun instant n'est antérieur à lui-même.
T2 et T3 excluent un temps clos (circulaire).
T4 garantit que si a et b sont des instants distincts, l'un est antérieur à l'autre.
T1, T2, T3 et T4 garantissent la linéarité du temps (excluant un temps arborescent ou des temps parallèles).
T5 asserte qu'il y a un instant entre toute paire d'instants distincts (densité).
T6 et T7 assertent respectivement qu'il y a un instant avant tout instant donné et instant après tout instant donné.

Le problème de cette méthode est qu'elle implique la quantification sur des items temporels (les instants dénotés par les variables x, y, z), et que selon certaines conceptions de l'ontologie cela nous engage à admettre l'existence réelle de ces items abstraits. Certains philosophes préfèrent en conséquence recourir à la logique temporelle propositionnelle pour définir la topologie standard. Le point de départ le plus adéquat est le système K_t d'E. J. Lemmon, qui n'implique aucune assomption sur la structure topologique du temps.

On obtient le système K_t de Lemmon en ajoutant à la logique propositionnelle classique les règles G et H et les axiomes K1, K2, K3 et K4. Puis il faut ajouter à K_t quelques axiomes supplémentaires pour générer une logique temporelle qui attribue au temps la topologie standard :

Règle G. $\dfrac{\vdash \alpha}{\vdash \neg F \neg \alpha}$

Règle H. $\dfrac{\vdash \alpha}{\vdash \neg P \neg \alpha}$

K1. $\neg F \neg (p \rightarrow q) \rightarrow (Fp \rightarrow Fq)$
K2. $\neg P \neg (p \rightarrow q) \rightarrow (Pp \rightarrow Pq)$
K3. $P \neg F \neg p \rightarrow p$
K4. $F \neg P \neg p \rightarrow p$

N1. $FFp \rightarrow Fp$
N2. $PPp \rightarrow Pp$
N3. $Fp \rightarrow FFp$ [densité futur]
N4. $Pp \rightarrow PPp$ [densité passé]
N5. $\neg Fp \rightarrow F \neg p$ [ouvert futur]
N6. $\neg Pp \rightarrow P \neg p$ [ouvert passé]
N7. $PFp \rightarrow (p \vee Fp \vee Pp)$
N8. $FPp \rightarrow (p \vee Pp \vee Fp)$

Dans la logique propositionnelle ci-dessus, les variables atomiques p, q, r sont considérées comme des propositions au présent, telles que « il neige *maintenant* », dont la valeur de vérité doit être évaluée à chaque instant du temps. ‘F’ et ‘P’ sont des opérateurs à une place qui doivent être interprétés réciproquement comme « il sera le cas que… » et « il a été le cas que… ». Toute proposition de la forme ‘Fa’ (ou ‘Pa’) est vraie à un instant t ssi il y a un instant après (ou avant) *t* auquel a est vrai.
On peut légitimement se demander si ce type de formalisation n’est pas parfaitement vain. Newton-Smith établit une analogie avec la géométrie : l’axiomatisation de la géométrie euclidienne a permis de s’interroger sur les conséquences de la modification de certains axiomes. De cette manière des géométries alternatives ont pu être développées dont on a pu montrer qu’elles sont consistantes si et seulement si la géométrie euclidienne est consistante. Le choix de la géométrie que nous devons tenir pour vraie dans le monde dépend de l’investigation de la science physique. De la même manière, nous pouvons nous appuyer sur la théorie du premier ordre ou la logique temporelle précédemment présentées pour formuler une famille de théories consistantes rivales concernant la structure du temps. Si nous acceptons cette analogie avec la géométrie, nous tiendrons la détermination de la structure topologique du temps pour une question empirique qui doit être traitée grâce à l’investigation physique du monde. Cette analogie est acceptée par beaucoup d’auteurs, dont Putnam[3]. D’autres philosophes ont suivi Kant en soutenant que le temps possède nécessairement la topologie standard (c’est-à-dire celle que nous lui attribuons)[4]. Kurt Gödel a néanmoins montré dans un article fameux[5] que les résultats de la théorie einsteinienne de la relativité générale rendent possibles des topologies du temps non standard. Nous pouvons examiner brièvement deux exemples de topologies hétérodoxes : le temps clos et le temps arborescent.

[3] « Je ne crois pas qu’il y ait encore quelque problème *philosophique* que ce soit à propos du temps ; il n’y a que le problème physique de déterminer la géométrie physique exacte du *continuum* quadridimensionnel que nous habitons. » (H. Putnam, *Mathematics, Matter and Method*, 1975, p.205)
[4] « Le temps, étant par nécessité logique unique, unidimensionnel et infini, a par nécessité logique une seule topologie. Les instants ont entre eux les relations de voisinage des points sur une ligne de longueur infinie. » (R. Swinburne, *Space and Time*, 1968, p.209)
[5] K. Gödel, « An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation », *Review of Modern Physics*, 21, 1949.

1.2 Temps cyclique et temps clos

Newton-Smith fait remarquer que la notion de temps cyclique, conçue comme éternel retour, est topologiquement incohérente : dire que le même moment se répète *à intervalle régulier* (un tour complet du cercle), c'est simplement dire que le même moment survient à des moments différents, ce qui est contradictoire. Il faudrait postuler un temps de second ordre qui serait linéaire : on aurait alors, métaphoriquement, un temps circulaire d'ordre 1 qui « roule » sur la ligne du temps d'ordre 2. Même à admettre la possibilité absconse d'une pluralité des temps, on voit mal en quoi une telle configuration serait encore l'indice d'un « retour » éternel du temps, puisque le temps d'ordre supérieur serait linéaire[6].

En revanche, il est possible de concevoir le modèle topologique d'un temps clos, distinct du temps cyclique. Un temps clos est un temps dans lequel chaque instant n'est présent qu'une seule fois, mais dans lequel les instants sont topologiquement liés les uns aux autres à la manière des points d'un cercle. Il n'est pas possible de caractériser adéquatement ce modèle en se servant de la relation d'antécédence T. En effet, T devrait être non seulement transitive (comme dans la topologie standard), mais également symétrique ($\forall x\ \forall y\ Txy \rightarrow Tyx$) et réflexive ($\forall x\ Txx$). Une relation qui possède ces propriétés est appelée *relation d'équivalence*, et dans le cas du temps clos une telle relation d'équivalence existera pour toute paire d'instants. Cela signifie que nous ne pouvons pas nous servir de cette relation pour distinguer différents ordonnancements d'instants dans un temps clos. Par exemple, nous ne pouvons pas distinguer les deux cas de figure suivants à l'aide de T :

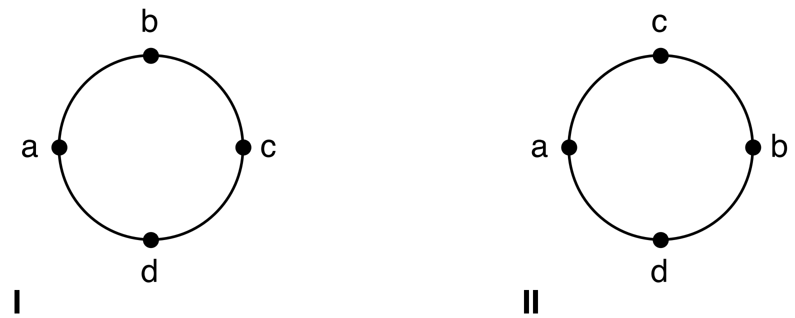

***fig.4** – deux ordres possibles d'un temps clos à quatre instants*

Nous ne pouvons pas non plus distinguer I et II avec une relation à trois termes ; il faut donc accepter comme relation temporelle basique une relation à quatre termes de « séparation de paires d'instants » du type '$S(x,y/z,w)$' qui se lit : « la paire d'instants (x,y) sépare la paire d'instants (z,w) » (i.e. il y a un chemin entre z et w qui passe par x mais pas par y ou bien il y a un chemin entre z et w qui passe par y mais pas par x).

Les propriétés de la relation de séparation de paires peuvent être caractérisées par les postulats suivants :

C1. $S(x,y/z,w) \rightarrow S(z,w/x,y)$
C2. $S(x,y/z,w) \rightarrow S(x,y/w,z)$
C3. $S(x,y/z,w) \rightarrow \neg S(x,z/y,w)$
C4. $S(x,y/z,w) \wedge S(x,z/y,v) \rightarrow S(x,z/w,v)$

---

[6] Il existe néanmoins un moyen consistant de représenter topologiquement un temps de type « cyclique », mais il faut alors renoncer à lui donner une structure circulaire. Il s'agit du modèle « sinusoïdal » que propose Newton-Smith p.66 : il s'agit d'un temps linéaire ouvert qui possèdent une infinité d'« histoires » identiques, qui sont autant d'oscillations entre un état S_0 et un état S_n de l'univers. L'auteur montre que le choix entre un modèle clos et un modèle oscillatoire de ce type, dans le cas où il serait avéré que notre univers possède un modèle cosmologique parfaitement cyclique, est indécidable à partir des seuls *data* de la physique.

C5. Si x, y, z, w sont des instants non simultanés, x est temporellement 'paire-séparé' de l'un des autres instants par les deux instants restants.

Nous ajoutons l'hypothèse que le temps est clos par l'axiome :

C6. Si x, y, z sont des instants non simultanés, et si la paire (y,y) sépare la paire (z,x), alors toute paire de ces instants est séparée par la paire consistant en l'un des autres instants pris avec lui-même.

La relation S nous permet non seulement de distinguer temps ouvert et temps clos, mais également de caractériser adéquatement les ordres des schémas I et II. Dans le I, la paire (a,c) sépare la paire (b,d) et la paire (a,b) ne sépare pas la paire (c,d). Dans le II, la paire (a,b) sépare la paire (c,d) et la paire (a,c) ne sépare pas la paire (b,d).
De la même manière, nous nous pouvons pas donner de caractérisation adéquate du temps clos avec le système de logique temporelle K_t de Lemmon. Prior a ainsi ajouté à K_t les axiomes suivants :

P1. $Fp \rightarrow Pp$
P2. $FFp \rightarrow Fp$
P3. $\neg Fp \rightarrow F\neg p$

Cette formalisation ne permet pas de distinguer les deux schémas suivants :

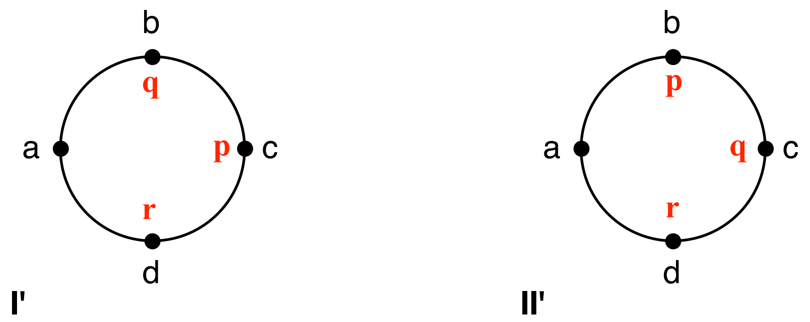

***fig.5** – deux ordres possibles de propositions tensées dans un temps clos*

Dans ces schémas, *a*, *b*, *c* et *d* représentent des instants du temps et p, q et r représentent des propositions « tensées » (*tensed propositions*). À l'instant *a*, à la fois Fp, Fq, Fr, Pq, Pp et Pr sont vraies. Il n'existe aucune propositions tensées complexe formée avec ces opérateurs qui soit vraie à *a* dans I' mais fausse à *a* dans II'.
Newton-Smith supplée au défaut de la logique temporelle prioréenne en construisant un système de logique temporelle pour le temps clos qui puisse rendre compte de la différence entre les schémas I' et II' ; mais le détail de sa formalisation n'est guère fondamental pour notre propos[7]. Ainsi, les modèles de temps clos ne sont pas inconsistants, même s'ils sont difficiles à saisir intuitivement. C'est dans ce type de cas que l'on mesure l'intérêt du formalisme : alors qu'il nous semble contradictoire qu'un instant soit antérieur à lui-même et que deux instants soient antérieurs l'un à l'autre, il s'avère parfaitement possible d'attribuer à la relation T non seulement la transitivité (comme dans la topologie standard), mais également la symétrie et la réflexivité.

---

[7] Le développement se trouve pp.62-65 de l'ouvrage.

1.3 Le temps arborescent et les temps parallèles

Les modèles topologiques d'un temps arborescent et de temps parallèles ont connu une certaine fortune dans la réflexion sur la contingence du futur et sur les rapports entre temps et modalité[8]. Bergson, dans l'*Essai sur les données immédiates de la conscience* (1889), est l'un des premiers philosophes à formuler précisément l'idée d'un temps arborescent, sous la forme d'un schéma en 'Y' avec quatre points M, O, X et Y[9].

On sait que l'idée d'un temps arborescent n'apparaît pas dans les premiers développements contemporains de la logique temporelle, notamment dans Prior [1957]. Sa première version formalisée – néanmoins minimale – est due au jeune Kripke dans une lettre à Prior[10] de septembre 1958. Prior a développé l'aperçu de Kripke et en a conçu différents systèmes formels, qui ont été beaucoup étudiés depuis, en particulier le système « peircien » et le système « occamiste ». Nous examinerons rapidement l'enjeu de ces deux systèmes, ainsi que du système « leibnizien » qui repose sur un modèle topologique de temps parallèles.

L'hypothèse d'un temps arborescent (dans le futur) repose sur le refus du postulat suivant[11] :

Non-arb. $(F_x\, p \wedge F_x\, q) \rightarrow F_x\, (p \wedge q)$

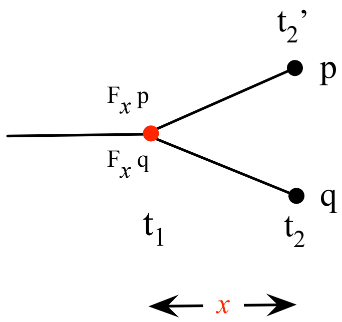

***fig.6** – un exemple de temps arborescent*

[L'ajout de x en indice à l'opérateur futur F indique que p sera le cas dans un nombre x d'unités métriques. Il s'agit d'une notation propre à la logique temporelle métrique.]

On présente généralement les modèles arborescents comme des tentatives de répondre à l'argument dominateur de Diodore Cronos, qui repose dans sa version moderne sur les cinq prémisses suivantes :

---

[8] Je ne ferai ici qu'esquisser les débats qui concernent l'arborescence du temps, intimement liés au problème du déterminisme et à l'argument dominateur de Diodore Cronos. Je me permets de renvoyer sur ce sujet à l'exemplier de mon intervention sur les futurs contingents (et à la bibliographie qui y figure), disponible sur www.atmoc.fr/seances.

[9] « [Le sens commun] se représentera donc un moi qui, après avoir parcouru une série MO de faits de conscience, arrivé au point O, se voit en présence de deux directions OX et OY également ouvertes. Ces directions deviennent ainsi des choses, de véritables chemins auxquels aboutirait la grande route de la conscience, et où il ne tiendrait qu'au moi de s'engager indifféremment. » (H. Bergson, *Essai sur les données immédiates de la conscience*)

[10] « Dans un système indéterminé, nous ne devrions peut-être pas considérer le temps comme une série linéaire, comme vous l'avez fait. Eu égard à l'instant présent, il y a plusieurs possibilités de ce que l'instant suivant pourrait être – et pour chaque instant suivant possible, il y a plusieurs possibilités pour l'instant suivant après ceux-ci. Ainsi la situation arbore la forme non d'une séquence linéaire, mais d'un 'arbre'. » (S. Kripke, lettre à Prior de septembre 1958)

[11] J'emprunte cette formalisation à Le Poidevin [1990]. L'emploi de la logique temporelle métrique permet de simplifier la formule et n'a aucune incidence sur la propriété topologique en jeu. Une version non métrique de ce postulat se trouve chez Prior [1968].

AD1. $F_y p \rightarrow P_x F_x F_y p$
AD2. $\square(P_x F_x p \rightarrow p)$
AD3. $P_x p \rightarrow \square P_x p$
AD4. $\square(p \rightarrow q) \wedge \square p) \rightarrow \square q$
AD5. $F_x p \vee F_x \neg p$

(AD1) et (AD2) sont des principes basiques de la logique temporelle métrique, qui sont cruciaux pour formaliser l'argument.
(AD3) est le principe de « nécessité du passé » (irrévocabilité)
(AD4) est un théorème de la logique modale standard
(AD5) peut être lue comme une version temporelle du principe du tiers exclu, le « tiers exclu futur »

1.3.1 Le système « peircien »
Le modèle peircien rejette (AD1) et (AD5).

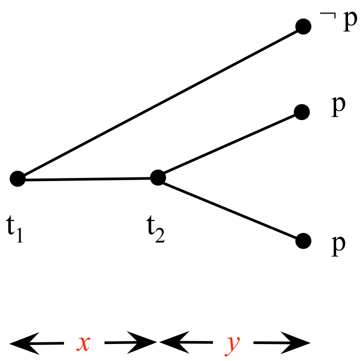

***fig.7** – un autre exemple de temps arborescent*

Dans ce modèle, la valeur de vérité des propositions est indexée sur le temps (t), mais pas sur les branches (c'est pour cela qu'il faut refuser le principe de bivalence : dans la *fig*.7, on voit bien que quand p est vraie, ¬p est également vraie). Dans cet exemple, le système peircien implique que $F_y p$ est vrai à t_2, alors que $F_x F_y p$ est faux à t_1 et $P_x F_x F_y p$ est donc faux à t_2.

1.3.2 Le système « occamiste »
La particularité de la sémantique « occamiste » est que la vérité des propositions y est doublement indexée sur une paire (*t*, *c*) où *t* est un moment et *c* une « chronique » (ou « histoire »), c'est-à-dire une branche temporelle alternative.

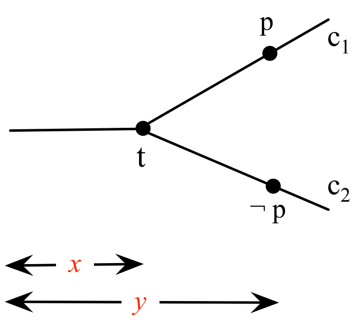

***fig.8** – un autre exemple de temps arborescent*

Dans le système occamiste, ni $P_xq \rightarrow \Box P_xq$ ni $Pq \rightarrow \Box Pq$ ne sont valides pour tout q. En effet, dans la *fig*. 8, on voit bien que P_xF_yp (t, c_1) est vrai, alors que $\Box P_xF_yp$ (t, c_1) est faux puisque P_xF_yp (t, c_2) est faux.
Les considérations logiques et topologiques sur les modèles de temps arborescent se sont beaucoup développées depuis la mort de Prior. On trouve notamment des réflexions passionnantes dans les travaux d'Alberto Zanardo[12].

1.3.3 Les temps parallèles et le système « leibnizien »

Le système dit « leibnizien » ne correspond pas à un modèle topologique de temps arborescent, mais à un modèle selon lequel il existe une pluralité de temps parallèles. Des temps parallèles sont des temps non connectés topologiquement. La connexion temporelle est définie dans la topologie standard de la manière suivante (axiome T4) :

> ***temporal connectedness*** $=_{def}$ l'événement e_1 est temporellement connecté à l'événement e_2 si et seulement si e_1 est antérieur à e_2 ou e_1 est postérieur à e_2 ou e_1 est simultané avec e_2.
> T4. $\forall x \, \forall y \, (x \neq y \rightarrow Txy \vee Tyx)$

Le modèle topologique des temps parallèles contrevient *toujours* à ce postulat (le modèle arborescent n'y contrevient pas à tous les instants, puisqu'il existe toujours un passé commun : en restreignant la quantification, on peut donc exprimer un principe de connexion temporelle pour les temps arborescents).
Newton-Smith a tenté d'établir, par une expérience de pensée, la possibilité qu'il existe non seulement plusieurs espaces non connectés (*non-unified space*) mais également qu'il existe plusieurs temps non connectés (*non-unified time*).
Après Prior, Hirokazu Nishimura [1979] a proposé un nouveau modèle, le modèle leibnizien, qui repose sur des chroniques parallèles, c'est-à-dire qui ne possède pas de passé commun contrairement aux modèles arborescent (dans lesquels il y a toujours un « tronc »). Formellement, chaque instant temporel dans la sémantique leibnizienne correspond à une paire d'un moment du temps *m* et d'une chronique *c* avec $m \in c$.

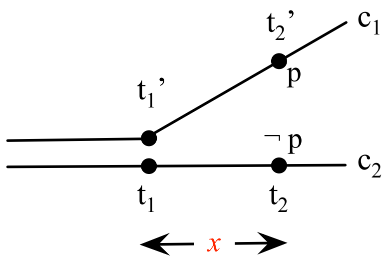

fig.8 *– le système « leibnizien »*

Dans le modèle leibnizien, $p \rightarrow P_xF_xp$ est valide mais $p \rightarrow \Box P_xF_xp$ ne l'est pas.
Le modèle leibnizien est particulièrement adapté, comme son nom l'indique, pour illustrer une métaphysique des mondes possibles, chaque chronique figurant un monde. Il est intéressant de remarquer que topologiquement, c_1 et c_2 ne sont pas connectées (à aucun instant), alors qu'à (c_1, t_1') et (c_2, t_1) les événements se produisant dans les deux chroniques sont exactement les mêmes ; ce n'est qu'ensuite que les deux chroniques divergent. De la même manière, deux mondes possibles qui étaient jusqu'à un certain instant identiques puis

12 Cf. A. Zanardo [1985], [1996], [2003], [2006a], [2006b], R. Ciuni et A. Zanardo [2010], et surtout M. Sabbadin et A. Zanardo [2003].

divergent ne sont pas *le même monde* avant de diverger, mais déjà et de toute éternité deux mondes différents. Cela est assez intuitif dans le réalisme modal de David Lewis puisque sa perspective est quadridimensionaliste (toute l'histoire d'un monde est pour ainsi dire donnée d'avance, puisque qu'un monde est un « bloc » quadridimensionnel maximalement inclusif).
Contrairement à Newton-Smith, un certain nombre de philosophes considèrent que l'hypothèse de la pluralité des temps (i.e. l'existence de séries temporelles topologiquement déconnectées) est sinon inconsistante, du moins extravagante. Prior lui-même était de cet avis:

> « La question de l'unicité de la série temporelle est ainsi d'un genre bien différent des questions qui s'occupent de savoir si le temps a une fin ou non, s'il est discret, dense ou continu, circulaire ou non, arborescent ou non, etc. »
> « La question de savoir s'il y a ou s'il pourrait y avoir des séries temporelles non connectées n'a pas de sens. Nous pensons que nous pouvons lui en donner un car il est aussi facile de dessiner des lignes et des réseaux déconnectés que d'en dessiner des connectés ; mais ces diagrammes ne peuvent représenter *le temps*, puisqu'ils ne peuvent est traduits dans un langage temporel non figuratif basique. »
>
> A. N. PRIOR [1967], p.199

2. L'ouverture du temps

2.1 Qu'est-ce que le commencement ?

Le temps a-t-il un début, ou est-il ouvert dans le passé ? Il semble que nous soyons face à une aporie : si nous supposons que le temps a un commencement, nos habitudes linguistiques vont néanmoins nous forcer à parler, de manière inconsistante, du « temps » d'avant le début du temps ; si en revanche nous supposons qu'il n'a pas de commencement, il reste que le changement pourrait avoir eu un commencement (physique, e.g. le *big bang*), et dans ce cas nous ne saurons pas comment qualifier adéquatement le temps vide d'événements qui précède l'apparition du changement.
L'étude de la topologie du temps peut nous aider à éclaircir ce genre de difficulté intuitive. Il convient avant tout de préciser ce que nous entendons pas « commencement du temps ». Newton-Smith propose de définir celui-ci par stricte analogie avec que ce que nous avons à l'esprit en considérant le fait que la série des nombres naturels commence par zéro. Cela signifie qu'il n'y a aucun nombre naturel avant zéro quand les nombres sont pris dans l'ordre standard. L'idée que le temps a un début doit être comprise de manière similaire comme l'idée que l'ensemble des items temporels a un premier membre selon la relation d'ordre temporelle basique. Si nous prenons comme ensemble des items temporels l'ensemble des instants et comme relation basique la relation d'antécédence temporelle, l'hypothèse que le temps a un commencement est l'hypothèse qu'il y a un instant tel qu'il n'y a aucun instant avant cet instant. Au contraire, l'hypothèse que le temps n'a pas de commencement équivaut à l'hypothèse que pour tout instant il y a un instant antérieur distinct.

Hyp_1	$\exists x\ \forall y\ Txy$	[commencement à x]
Hyp_2	$\forall x\ \exists y\ Tyx$	[pas de commencement]

2.2 L'argument de Swinburne

En admettant que le temps n'est pas clos (ce qui, selon lui, est une nécessité logique), Richard Swinburne a proposé un argument en faveur de l'ouverture du temps dans le passé :

> « Avant chaque période de temps qui commence à l'instant *a*, il doit y avoir une autre période de temps, et ainsi il doit y avoir avant chaque instant un autre instant. Car ou bien il y avait des cygnes quelque part avant la période T, ou bien il n'y en avait pas. Dans les deux cas il doit y avoir eu une période antérieure à T durant laquelle il y avait ou il n'y avait pas de cygnes. »
>
> R. SWINBURNE [1968], p.207 [cité et modifié par Newton-Smith p.97]

Newton-Smith dénonce l'ambiguïté de la formule « il y avait des cygnes ou il n'y avait pas de cygnes », qui peut signifier :

(1) que l'on nie la proposition au passé « il y avait des cygnes », ce qui peut s'écrire :

   ¬Ps [où *s* = « il y a des cygnes »]

(2) que l'on asserte la version au passé de la négation de « il y a des cygnes » :

   P¬s

La version (1) ne permet pas de construire un argument valide. La version (2) permet de traduire la prémisse de Swinburne de la manière suivante : 'Ps ∨ P¬s' (*il a été le cas qu'il y a des cygnes ou il a été le cas qu'il n'y a pas de cygne*). Mais un réductionniste peut parfaitement contester que cette prémisse soit vraie de manière « temporelle-logique » (*tense-logically true*), c'est-à-dire, selon la définition de Newton-Smith, vraie à tous les instants dans tous les mondes possibles. En effet, s'il y a effectivement un premier événement du temps, cette proposition (Ps ∨ P¬s) est fausse au premier instant de cette événement. Aussi, si aucun argument indépendant n'est formulé qui montre qu'il est logiquement nécessaire que le temps n'ait pas de commencement, il n'y a aucun fondement pour déclarer qu'il s'agit d'une vérité temporelle-logique (*tense-logical truth*), et de ce fait l'argument est au moins contestable.
La version (1) fait de la prémisse une instance de la loi du tiers-exclu : 'Ps ∨ ¬Ps'. De ce fait, nous devons l'accepter comme une vérité temporelle-logique. En revanche, nous ne pouvons pas conclure de '¬Ps' à l'existence d'un temps antérieur : '¬Ps' pourrait être vrai au premier instant en vertu de *l'absence de temps antérieur*. L'argument n'est valide que si l'on accepte la prémisse additionnelle '¬Ps → P¬s' ; mais si l'on accepte cette prémisse additionnelle, la version (1) devient identique à la version (2), donc contestable pour les raisons invoquées ci-dessus.
Le caractère illusoire de l'argument de Swinburne tient au fait que nous validons spontanément l'inférence '¬Ps → P¬s' parce que nous opérons ordinairement sous l'assomption implicite qu'il y a toujours un temps antérieur à un instant donné : si cette assomption est faite, l'inférence est inoffensive.

2.3 L'argument d'Aristote

L'argument de Swinburne ne manque pas d'évoquer une réflexion d'Aristote[13] en *Physique* VIII :

> « Si donc il est impossible que le temps existe et soit pensé sans le 'maintenant', et que le 'maintenant' est une sorte de médiété puisqu'il renferme ensemble un début et une fin – le début du temps futur, la fin du temps passé –, il est nécessaire que le temps existe toujours. »
>
> Physique, VIII, 251b 19-23 (trad. P. Pellegrin, GF)

Cela équivaut à l'idée que pour un instant donné, l'existence d'un temps passé et d'un temps futur à cet instant est une condition nécessaire de la possibilité pour celui-ci d'être présent. Cela s'exprime par une la paire de postulats :

Ar1. $q \rightarrow FPq$
Ar2. $q \rightarrow PFq$

Cela signifie que pour toute proposition au présent qui est vraie à un instant, il y a un instant passé auquel la proposition allait être vraie et un instant futur auquel elle aura été vraie. Il suit

---

[13] Aristote prétend accréditer, dans la *Physique*, deux thèses sur la topologie du temps : le temps est dense (VI, 232b20 et 233b33) et n'a ni commencement ni fin (VIII, 251b19-23).

de ces postulats que le temps n'a ni commencement ni fin. Le bât blesse quand on se demande si ces deux postulats sont vrais de manière temporelle-logique (*tense-logically true*), puisque cela est requis pour accepter l'argument : le raisonnement est en réalité circulaire, car les postulats d'Aristote ne sont valides que si l'on accepte préalablement qu'il y a un passé et un futur de l'instant où p est vraie. Les seuls postulats que l'on peut vraiment tenir pour vrais de manière temporelle-logique sont donc les postulats faibles :

$Ar1_{faible}$ $\quad q \to (F(s \to s) \to FPq)$
$Ar2_{faible}$ $\quad q \to (P(s \to s) \to PFq)$

La conclusion que l'on peut tirer de l'échec des arguments de Swinburne et d'Aristote est la suivante : nous ne pouvons pas établir que le temps possède telle ou telle propriété topologique par nécessité logique en faisant appel à de soi-disant vérités temporelles-logiques (*tense-logical truths*). Car il faut alors prouver que ces supposées vérités temporelles-logiques sont effectivement des vérités temporelles-logiques, et cette preuve requiert à son tour de prouver que le temps possède par nécessité logique la propriété topologique en question.

3. La micro-structure du temps

3.1 La topologie micro-structurelle

Dans cette section, nous nous intéresserons aux propriétés topologiques du temps qui tiennent au détail de sa constitution à « petite échelle ». Il y a effectivement trois possibilités :

(a) Le temps est *discret* : chaque instant du temps a un unique instant suivant
(b) Le temps est *dense* : il y a un instant distinct entre deux instants quelconques
(c) Le temps est *continu* (voir ci-dessous)

Pour mieux comprendre ces propriétés, on peut formuler brièvement les notions mathématiques correspondantes en théorie des ensembles :

(a) Un ensemble S ordonné par une relation < est discret ssi pour chaque membre x de S il y a un unique membre x' de S tel que $x < x'$ et si $x < y < x'$ alors $y = x$ ou $y = x'$.
L'ensemble des nombres naturels $\mathbb{N}$ et l'ensemble des entiers $\mathbb{Z}$ sont discrets.
(b) Un ensemble S ordonné par une relation R est dense ssi pour toute paire d'éléments distincts a, b dans S il y existe un autre élément c tel que Rac et Rcb.
L'ensemble des nombres rationnels $\mathbb{Q}$ est dense.
(c) Un ensemble S ordonné par une relation R est continu selon R ssi toute coupure[14] de S en sous-ensembles S' et S'' est telle que soit il y a un unique plus petit membre de S'' soit il y a un unique plus grand membre de S'.
L'ensemble des nombres réels $\mathbb{R}$ est le paradigme de la continuité[15]

Dire que le temps est discret, dense ou continu signifie donc topologiquement que l'ensemble des instants ordonnés par la relation d'antécédence temporelle est respectivement isomorphe à

[14] Une coupure de l'ensemble S est une division de S en deux sous-ensembles, S' et S'', telle que (1) chaque membre de S est ou bien dans S' ou bien dans S'' ; (2) aucun membre de S est à la fois dans S' et dans S'' ; (3) chaque membre de S' vient, dans l'ordre, avant n'importe quel membre de S''.

[15] On peut saisir intuitivement la différence entre un ensemble dense et un ensemble continu en remarquant qu'il y a des « trous » dans $\mathbb{Q}$, même s'il s'agit d'un ensemble dense : $]-\infty; \sqrt{2}[$ et $]\sqrt{2}; +\infty[$ regroupent tous les éléments de $\mathbb{Q}$ en deux parties disjointes dont tous les éléments de l'une sont plus petits que ceux de l'autre, car il n'existe aucun membre de $\mathbb{Q}$ dont le carré soit 2. Ainsi les irrationnels sont des « trous » dans l'ensemble dense des rationnels. Un ensemble continu, au contraire, n'a aucun « trou » (il est *connexe*).

l'ensemble ou à un sous-ensemble des nombres naturels (ou des entiers), des nombres rationnels, ou des nombres réels.

3.2 Le temps discret

On peut formuler la propriété d'être discret de la manière suivante :

> Une relation d'ordre R est discrète ssi
> $\forall x \forall y\, [Rxy \wedge x \neq y \rightarrow \exists z\, (Rxz \wedge x \neq z \wedge \neg \exists w\, (Rxw \wedge Rwz))]$
> (Si un instant est lié par R à quelque instant alors il y a un unique instant suivant auquel il est lié par R).

L'idée que le temps est discret, au sens expliqué précédemment, est souvent considérée comme problématique. En effet, si les instants sont des parties sans extension d'intervalles temporels et si le temps est discret, toute période étendue du temps aurait un nombre fini d'instants sans durée ; il est difficile de voir comment l'addition d'un nombre fini d'instants inétendus peut donner un temps étendu.

Certains physiciens ont proposé, au XXème siècle (notamment dans les années 1930), de postuler qu'il existe des *quanta* d'espace et de temps. Ils ont supposé qu'il existe une plus petite particule sub-atomique, dont le diamètre est appelé un *hodon* de longueur. Étant donné que la vitesse de la lumière est la vitesse la plus rapide possible, ils ont calculé le temps qu'un rayon lumineux à cette vitesse mettrait à parcourir un *hodon*. La valeur résultante fut appelée un *chronon* de temps. On pourrait penser que si les théories menant à ces calculs ont correctes, le *chronon* serait le plus petit intervalle de temps. En réalité cela ne suffit pas à établir que le temps puisse être discret, car l'intervalle mesuré par le *chronon* demeure infiniment divisible : le temps que met le rayon lumineux à parcourir la moitié d'un *hodon* est bien un intervalle, et ainsi de suite. La lumière ne « saute » pas d'un *hodon* au suivant, mais traverse la distance spatiale de manière continue. L'hypothèse des *hodons* et des *chronons* signifierait simplement que la finesse de notre appréciation des intervalles spatiaux et temporels a des limites précises.

Pour Newton-Smith, cela ne veut pas dire qu'il faut renoncer à l'hypothèse que le temps est discret. Au mieux cela montre que notre concept de l'extension (spatiale et temporelle) nous engage à accepter intuitivement la divisibilité infinie, dans la mesure où nous acceptons la légitimité de ce concept à s'appliquer au monde physique. Nous considérons spontanément le temps comme dense, et même, la plupart du temps, comme continu. Cela s'explique par le fait que les meilleures théories physiques que nous avons élaborées pour décrire le monde requièrent dans leur formulation mathématique un paramètre temporel qui s'étend sur les éléments du système des nombres réels (nous considérons que l'ensemble des instants est isomorphe à l'ensemble des réels). Ainsi notre croyance en la continuité du temps ne vient d'aucun argument sur la divisibilité infinie, mais du fait que nous projetons sur le monde la richesse des systèmes mathématiques que nous avons jugés jusqu'ici essentiels à la construction de théories physique viables.

Comme le remarque Newton-Smith, il demeure donc possible, selon un principe faillibiliste basique, que les théories physiques les mieux vérifiées supposent un jour que l'ensemble des instants est isomorphe à l'ensemble des entiers. Il faudrait alors réviser nos intuitions sur le fait qu'un nombre fini de « grains » sans extension puisse former un intervalle étendu. Il peut être utile d'introduire une analogie : on sait qu'un objet coloré est composé de très petites parties (au niveau microscopique) qui ne sont pas elles-mêmes colorées ; un certain agencement d'un certain type de particules confère à l'objet une propriété, la couleur, que ses parties n'ont pas. De la même manière, une somme d'instants successifs auxquels manque la durée aura une propriété, l'extension, que chacune de ces parties particulières n'a pas.

3.3 Temps dense et temps continu

Une relation d'ordre est dense ssi
$\forall x \forall y \, Rxy \rightarrow \exists z \, (z \neq x \wedge z \neq y \wedge Rxz \wedge Rzy)$

Le temps est continu ssi l'ensemble des items temporels est isomorphe à l'ensemble des réels $\mathbb{R}$.

Nous avons vu qu'il n'est pas incohérent de faire l'hypothèse que le temps est discret ; néanmoins nous n'avons actuellement aucune bonne raison de prendre au sérieux cette hypothèse. En effet, personne n'a été capable jusqu'ici de développer une théorie physique viable qui traite le temps comme discret. Toutes les théories physiques majoritairement acceptées représentent le temps par un paramètre analogue aux nombres réels, et traitent donc le temps comme continu. Néanmoins, s'il est possible d'écarter raisonnablement l'idée que le temps est discret, il est beaucoup plus délicat de trancher entre la densité et la continuité, car comme l'a montré Newton-Smith nous pouvons construire des théories physiques alternatives dans lesquelles le temps est simplement dense et non continu. Par surcroît, tout ce qui constitue une raison de croire en la vérité des théories qui traitent le temps comme continu constitue également une raison de croire à des contreparties de ces théories dans lesquelles le temps est simplement dense.
Selon Newton-Smith, il y a deux manières d'interpréter ce résultat d'indécidabilité :

- « **Réponse d'ignorance** ». On peut considérer qu'il s'agit d'une limite de notre connaissance : nous ne serons jamais en mesure de trancher en faveur de la densité ou de la continuité.
- « **Réponse d'arrogance** ». Si nous ne pouvons former aucune conception de ce qui pourrait constituer une preuve rendant vraie ou probablement vraie l'une des hypothèse plutôt que l'autre, il ne nous est pas permis de supposer qu'il y a bien un « *matter of fact* » en jeu dans ce dilemme. Les phrases « le temps est continu » et « le temps est dense » n'ont pas de sens qui permette de les utiliser pour faire des conjectures sur les faits. Elles ne sont donc pas à proprement parler vraies ou fausses.

4. Une curiosité historique : le schéma de Jamblique

Le néoplatonicien Jamblique (c.245-c.325), considéré comme un grand maître dans l'école d'Athènes – et même parfois affublé par ses successeurs de l'épithète *theiotatos* (« le plus divin ») – a proposé une réflexion surprenante et originale sur la topologie du temps, dans le vocabulaire de la métaphysique néoplatonicienne. Ce faisant, il a probablement été le premier philosophe à anticiper clairement, avec quelques seize siècles d'avance, la fameuse distinction de J. M. E. McTaggart entre « série A » et « série B ».
Dans son commentaire perdu aux *Catégories* d'Aristote, Jamblique se sert comme grille de lecture de la doctrine péripatéticienne d'un texte qu'il attribue à Archytas de Tarente[16] (intitulé *Περὶ τῶν καθόλου λόγων*). Il s'agit en fait d'un pseudépigraphe de la période impériale, dû à un pythagoricien anonyme auquel on fait maintenant référence sous le nom de Pseudo-Archytas. Or le texte du Pseudo-Archytas contient un passage remarquable sur le temps commenté et critiqué par Jamblique avec une inspiration non moins géniale. Les deux

[16] Philosophe et brillant mathématicien, Archytas de Tarente (c.435-347 av. JC) est un pythagoricien contemporain de Platon. Il est notamment l'auteur de livres *Sur la musique*, *Sur les Sciences*, et d'une *Harmonique*. On lui a également attribué de nombreux ouvrages inauthentiques, dont le texte que commente Jamblique.

textes nous sont conservés par Simplicius, qui en donne de larges citations dans son propre commentaire des *Catégories* ainsi que dans son monumental commentaire de la *Physique*[17].

4.1 La modèle pythagoricien du Pseudo-Archytas

Selon le Pseudo-Archytas, le temps est irréel, car chacun de ses instants – ou plus exactement, puisqu'il est dans le vocabulaire contemporain, un « théoricien A », chacun des « maintenants » – est indivisible et éphémère : puisque le flux du temps est continu, le présent n'existe pas, le passé n'existe plus et le futur pas encore. Le Pseudo-Archytas reprend donc des réflexions classiques depuis les paradoxes d'Aristote sur le temps (*Physique* IV, chap.10). Son originalité est de proposer un schéma sous la forme d'une ligne brisée dont la pointe représente le présent, et qui est en perpétuel mouvement du futur vers le passé :

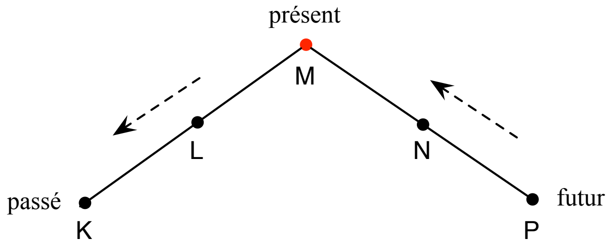

***fig.9** – le schéma du Pseudo-Archytas*

Voici quelques extraits du texte du Pseudo-Archytas cité par Simplicius :

> « Le temps possède à tout instant, de manière générale, la caractéristique propre d'être indivisible et irréel (ἀνυπόστατον). Car le maintenant, étant indivisible, est [déjà] dans le passé quand on en parle ou quand on y pense, et ne demeure pas identique. En effet il est continûment dans le devenir [...].
> Car chaque maintenant est une limite sans partie et indivisible du temps passé, et le début du futur, comme le point d'une ligne droite qui est brisée, [c'est-à-dire le point] sur lequel survient la brisure et qui devient le début d'une ligne droite et la fin d'une autre.
> Le temps est dense (συνεχής) et non discret (διωρισμένος) comme le nombre, le langage et l'harmonie. »
>
> PSEUDO-ARCHYTAS *in* SIMPLICIUS, *in Cat.*, 352.24 – 353.3

Le modèle du Pseudo-Archytas s'accommode bien de la formalisation en logique temporelle de la topologie standard : il s'agit d'un modèle de temps linéaire, dense, ouvert dans le passé et l'avenir, exprimé dans les termes d'une série A.

4.2 Le modèle néoplatonicien de Jamblique

Jamblique récupère l'analyse du Pseudo-Archytas tout en la critiquant, car il considère que les deux propriétés qu'il attribue au temps (l'indivisibilité et l'irréalité) appartiennent à deux différents genres de temps, situés à deux niveaux différents de son ontologie néoplatonicienne. Selon Jamblique, en effet, il existe un temps supérieur, le temps intelligible, qui est participé, et un temps inférieur, le temps sensible, qui participe au premier. Le « maintenant » indivisible appartient au temps intelligible : comme toutes les essences du niveau intelligible, il est indivisible, permanent et stable. Le temps sensible, en revanche, est irréel, car il correspond au mouvement chaotique permanent des choses du monde physique.

---

[17] Les principaux textes grecs de ce dossier se trouvent rassemblés dans l'ouvrage classique de S. Sambursky et S. Pines [1987], accompagnés d'une traduction anglaise. Il n'existe à ce jour aucune traduction française publiée de ces textes (cf. *infra* pour ma traduction partielle).

Ainsi le temps sensible est dynamique, soumis au changement permanent (c'est ce qui fait son irréalité), tandis que le temps intelligible est pérenne et statique. La raison pour laquelle nous attribuons à l'essence intellective du « maintenant » et au temps intelligible les changements et affections auxquels toutes choses sont sujettes dans le monde sensible est que, à cause de leur mouvement, les choses qui viennent perpétuellement à l'être dans notre monde ne peuvent pleinement recevoir l'essence indivisible à laquelle elles participent ; ainsi, à tout instant, différentes parties de ces choses sont en contact avec l'essence intelligible. Jamblique fournit un schéma qui permet de comprendre beaucoup plus clairement cette explication embrouillée pour qui n'est guère familier de la hiérarchie des hypostases néoplatoniciennes :

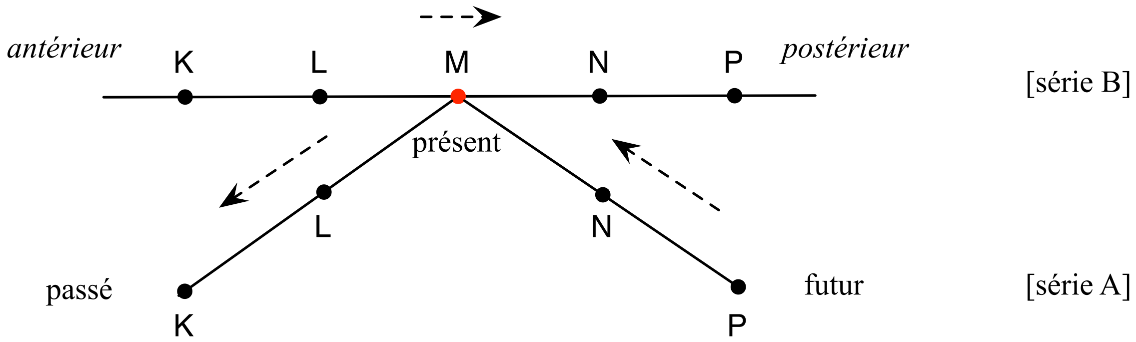

fig.10 *– le schéma de Jamblique*

Le temps du monde sensible passe le long de l'angle du présent (M) comme une courroie, touchant le temps statique du monde intelligible seulement au sommet. Seul ce « maintenant » en changement permanent est en contact avec la réalité (c'est-à-dire avec la réalité intelligible). Mais le sommet lui-même de la ligne brisée glisse de gauche à droite le long de la série intelligible, de l'antérieur au postérieur, de telle manière que le « maintenant » changeant coïncide successivement avec les différents points du temps statique (par exemple il coïncidera successivement avec M, N, puis P). C'est pour cette raison que nous faisons l'expérience des points *coexistants* du monde intelligible comme d'une succession, alors que le changement n'advient que dans le monde sensible.
Il est flagrant, pour qui connaît la distinction de McTaggart, que le temps intelligible correspond à une série B (où le temps est exprimé en termes d'antériorité et de postériorité), tandis que le temps sensible correspond à une série A (où le temps est exprimé par les indexicaux passé, présent, futur). Or Jamblique considère que le seul temps réel est celui qui est exprimé par la série B, et il associe à cette série statique et ordonnée une certaine perfection. Au dessus du temps intelligible, Jamblique situe l'Éternité, qui dans la hiérarchie est juste au dessous de l'Un. Ainsi le temps sensible participe au temps intelligible qui lui-même participe à l'Éternité :

Éternité

|

temps intelligible

|

temps sensible

fig.11 *– la hiérarchie du temps chez Jamblique*

Au plan topologique, le schéma de Jamblique est particulièrement original, puisqu'il ne s'agit ni d'un temps arborescent, ni véritablement d'un temps parallèle : il y a une unique connexion entre les deux temps au niveau du présent. Il est délicat d'interpréter formellement un modèle qui, dans le texte de Jamblique, demeure assez métaphorique et imprécis. On pourrait arguer que, topologiquement, il ne diffère finalement guère du modèle standard car le temps sensible, irréel, n'en en dernier analyse pas un vrai temps mais seulement l'indice du passage du temps sur la série B. Interprété de cette manière le schéma se rapproche fortement d'une théorie de type « *moving spotlight* ».

> « Comment le même peut-il successivement devenir différent et rester le même selon sa forme, être divisé et être indivisible, changer et rassembler en un point la fin [du passé] et le début [du futur] ? La réponse est que le maintenant qui est participé dans la nature [sensible] et n'est pas séparé des choses qui sont dans l'état de devenir est différent du maintenant qui est séparé est subsiste en lui-même, ce-dernier demeurant au repos eu égard à sa forme tandis que le premier est perçu continuellement en mouvement (ἐν φορᾷ). Mais puisque les deux sont combinés dans le principe du maintenant qui rend le temps continu, il est parfaitement clair qu'à cause de cela [Archytas] a assimilé le maintenant du temps au point auquel la brisure survient [...]. Car exactement de la même manière que le point devient le début d'une ligne et la fin d'une autre, le maintenant combine en lui-même le début et la fin de tout temps, non comme quelque accident (συμβεβηκός τι), mais en tant qu'il rassemble le temps, embrasse en lui son essence et le produit à partir de lui-même. »
>
> JAMBLIQUE *in* SIMPLICIUS, *in Cat.*, 355.8 – 355.20

> « Et où [...] faut-il concevoir le flux du temps et son passage continuel (τὴν τοῦ χρόνου ῥοήν τε καὶ ἔκστασιν) ? La réponse est : dans les choses qui participent au temps. Car celles-ci sont toujours en devenir et ne peuvent recevoir l'essence statique du temps sans être en mouvement, et, comme à tout instant différent une partie différente de ces choses est en contact (ἐφαπτόμενα) avec leur essence, on attribue faussement leur affection (πάθημα) à celle-ci. Le maintenant en devenir est un attribut inhérent des choses qui participent toujours au maintenant, mais l'identité correspondant à l'unité continue (συνεχὲς ταυτότης) des choses qui à différents instants ont différents états est une propriété du maintenant indivisible et est communiquée de celui-ci aux choses qui sont générées à des instants toujours différents. Ainsi la différence numérique (ἡ κατ' ἀριθμὸν ἑτερότης) toujours changeante est une preuve de la mutabilité (διαφορότητος) des choses participantes, mais la forme demeure la même et indique l'identité du maintenant indivisible. »
>
> JAMBLIQUE *in* SIMPLICIUS, *in Phys.*, 787.17 – 787.26

Conclusion

Que conclure de ce tour d'horizon de la topologie du temps ? Newton-Smith a tenté de montrer que deux conceptions communes du temps, le platonisme et le réductionnisme, sont intenables. Le platonisme correspond à la thèse que le temps est un système d'items temporels dont l'existence et les propriétés sont indépendantes de l'existence et du caractère de l'ensemble des événements constituant le système historique (*history system*). En d'autres termes, selon le platoniste, les instants existent indépendamment des événements mondains. Dans le vocabulaire modal, cela signifie qu'un instant *t* de notre monde existe dans tout les mondes possibles, et demeure le même d'un monde à l'autre (i.e. il conserve les mêmes propriétés, qui ne dépendent pas des événements qui lui sont indexés). Or, Newton-Smith a montré que le temps peut admettre différentes topologies, et que le choix entre ces modèles topologiques est en dernière analyse empirique : c'est ce qu'il nomme la « contrainte empirique ». Ainsi, toute théorie du temps qui implique l'idée que le temps possède *nécessairement* ses propriétés doit être rejetée par *reductio ad absurdum* : le platonisme viole

la contrainte empirique. Newton-Smith a également montré que le réductionnisme, sous la forme qu'il appelle le « réductionnisme modal », est tout aussi intenable. En effet, nous ne pouvons considérer toutes les assertions sur le temps comme des assertions sur les relations temporelles actuelles entre des *choses actuelles* dans le temps. La sous-détermination des théories par les *data* empiriques (voir note 6) signifie que nous ne pouvons pas rendre compte adéquatement de ce qu'est le temps par le seul recours aux événements qui s'y produisent.
Newton-Smith soutient que le temps n'a pas forcément la topologie standard, c'est-à-dire que nous pouvons soutenir sans inconsistance ou absurdité conceptuelle que le temps possède une autre structure topologique. On peut arguer que la topologie standard possède une plus grande « flexibilité », et qu'il est donc préférable, quelle que soit la topologie du monde dans lequel nous nous trouvons, de l'adopter. Néanmoins, pour un empiriste faillibiliste, nous ne pouvons pas exclure que les meilleures théories physiques reposent, à l'avenir, sur un temps discret, ou clos, ou arborescent, etc. Dès lors, le rôle du métaphysicien n'est pas de trancher entre tel ou tel modèle topologique, mais d'expliciter le contenu et les conséquences (ou les engagements ontologiques, en termes quiniens) de tel ou tel modèle, en laissant l'investigation empirique et les théories physiques suggérer le meilleur choix.

Bibliographie

N. BOURBAKI, 1971. *Topologie générale*, Paris, Hermann

R. CIUNI et A. ZANARDO, 2010. « Completeness of a Branching-Time Logic with Possible Choices », *Studia Logica*, vol. 96, n°3

M. D. CROSSLEY, 2005. *Essential topology*, Springer

J. EARMAN, 1977. « How to Talk about the Topology of Time », *Noûs*, vol.11, n°3, Symposium on Space and Time

A. GALTON (éd.), 1987. *Temporal Logics and their Applications*, Academic Press

E. HAJNICZ, 1996. *Time Structures : Formal Description and Algorithmic Representation*, Lecture Notes in Computer Science / Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer

M. LACHIEZE-REY et J.-P. LUMINET, 1995. « Cosmic Topology », *Physics Reports* 254

R. LE POIDEVIN, 1990. « Relationism and Temporal Topology : Physics or Metaphysics ? », *Philosophical Quarterly*, 40

T. MAUDLIN, 2010. « Time, Topology and Physical Geometry », *Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary*, vol. 84

W. H. NEWTON-SMITH, 1980. *The Structure of Time*, Londres, Routledge & Kegan Paul

H. NISHIMURA, 1979. « Is the Semantics of Branching Structure Adequate for Non-metric Ockhamist Tense Logics ? », *Journal of Philosophical Logic*, 8

P. ØHRSTRØM et P.F.V. HASLE, 1995. *Temporal logic : from ancient ideas to artificial intelligence*, Springer

F. PIANESI et A. C. VARZI, 1996. « Events, Topology, and Temporal Relations », *The Monist*, vol. 79, n°1, pp. 89–116.

– 1994a. « The Mereo-Topology of Event Structures », in P. Dekker and M. Stokhof (éd.), *Proceedings of the 9th Amsterdam Colloquium*, Amsterdam: ILLC, pp. 527–46
– 1994b. « Mereotopological Construction of Time from Events », in A. G. Cohn (éd.), *Proceedings of the 11th European Conference on Artificial Intelligence*, Chichester: John Wiley and Sons, pp. 396–400
– 1996. "Refining Temporal Reference in Event Structures," *Notre Dame Journal of Formal Logic*

A. N. PRIOR, 1957. *Time and Modality*, Oxford, Oxford U.P.
– 1967. *Past, Present and Future*, Oxford, Clarendon Press
– 1968. *Papers on Time and Tense,* Oxford, Clarendon Press

A. QUINTON, 1962. « Spaces and Times », *Philosophy*, 37

S. SAMBURSKY et S. PINES, 1987. *The Concept of Time in Late Neoplatonism*, Jerusalem, The Israel Academy of Sciences and Humanities

M. SABBADIN et A. ZARDANO, 2003. « Topological Aspects of Branching-Time Semantics », *Studia Logica*, vol. 75, n°3

R. SWINBURNE, 1968. *Space and Time*, Londres, Macmillian Press

A. ZANARDO, 1985. « A Finite Axiomatization of the Set of Strongly Valid Ockhamist Formulas », *Journal of Philosophical Logic*, 14
– 1996. « Branching-time Logic with Quantification Over Branches: The Point of View of Modal Logic », *Journal of Symbolic Logic*, vol. 61, n°1
– 2003. « First-order and second-order aspects of branching-time semantics »
– 2006a. « Quantification over Sets of Possible Worlds in Branching-Time Semantics », *Studia Logica*, vol. 82, n°3
– 2006b. « Moment/History Duality in Prior's Logics of Branching-Time », *Synthese*, vol. 150, n°3