

Quelques considérations sur la logique temporelle actualiste

Olivier Roy, *Université du Québec à Trois-Rivières*

Résumé

Supposons que, juste avant un tir « à pile ou face », je fasse la prédiction suivante : « la pièce tombera sur pile ». Cette prédiction est-elle vraie, fausse ou ni vraie ni fausse ? En logique temporelle contemporaine, il y a trois grandes réponses à cette question : la réponse aristotélicienne, la réponse peircéenne et la réponse ockhamiste. Mon exposé portera sur une forme d'ockhamisme, l'actualisme, selon laquelle la prédiction est vraie si la pièce tombe sur pile dans le futur actuel. L'approche actualiste n'est pas très populaire en ce moment. Son impopularité est due, en grande partie, aux objections philosophiques et formelles que lui ont adressées Nuel Belnap et Mitchell Green dans « Indeterminism and the Thin Red Line¹ ». Au niveau philosophique, l'actualisme leur semble problématique principalement parce que l'existence d'un futur actuel n'a pas de base concrète au moment de la prédiction. Au niveau formel, ils ont montré que les modèles actualistes invalident un principe important : s'il est le cas que p alors il fut le cas qu'il sera le cas que p ($p \rightarrow \text{PF}p$). Le but de ma présentation est de revenir sur ces deux objections. Je ferai valoir que l'argument philosophique n'est pas décisif et je présenterai un modèle actualiste qui valide $p \rightarrow \text{PF}p$.

1. Introduction

Supposons que, juste avant un tir « à pile ou face », je fasse la prédiction suivante : « la pièce tombera sur pile ». Cette prédiction est-elle vraie, fausse ou ni vraie ni fausse ? En logique temporelle contemporaine, trois grandes approches tentent de répondre à cette question. Selon l'approche aristotélicienne, les prédictions à propos de faits contingents ne sont ni vraies ni fausses. Dans l'approche peircéenne, les prédictions sont vraies seulement si elles portent sur des faits inévitables. Elles sont donc toujours fausses lorsqu'elles sont à propos de faits contingents. Tout comme l'approche peircéenne, l'approche ockhamiste maintient le principe de bivalence ; une prédiction est soit vraie soit fausse. Cette valeur de vérité est cependant relative à *un futur possible*.

Il existe au moins deux formes d'ockhamisme : l'ockhamisme priorien² et l'ockhamisme actualiste. C'est principalement à l'approche actualiste que je m'intéresse aujourd'hui. Je tenterai de répondre à deux critiques que lui ont adressées Nuel Belnap et Mitchell Green³. Je débute par une présentation sommaire des deux approches ockhamistes. J'expose ensuite chacune des critiques et tente d'y répondre.

2. Les deux interprétations ockhamistes

L'ockhamisme priorien et l'ockhamisme actualiste partagent l'idée que la vérité d'une prédiction est relative à un futur possible. Reprenons et formalisons l'exemple du tir à pile ou face pour voir comment l'ockhamisme est mis en oeuvre.

Un tir à pile ou face est un processus indéterministe à deux résultats possibles⁴. On utilise généralement une *structure arborescente* pour modéliser ce type de situation indéterministe. Une structure arborescente est une paire $(T, <)$ où T est un ensemble de moments du temps. Les moments peuvent être vus comme des états complets du monde à un instant. Ils sont ordonnés par la relation d'antériorité $<$: $m_1 < m_2$ signifie « le moment m_1 est antérieur au moment m_2 . » L'ordre sur T est partiel : les ramifications sont permises du passé vers le futur mais pas dans le sens inverse. Ceci permet de modéliser l'idée que notre passé est unique alors que le futur est ouvert. L'ensemble T prend donc la forme d'un arbre, comme dans la figure 1. Supposons que m_0 est le moment de ma prédiction « la pièce tombera sur pile ». Il y a deux futurs possibles à ce moment : m_1 où la pièce tombe sur pile et m_2 où elle tombe sur face.

On identifie habituellement les futurs possibles aux suites de moments linéaires et maximales auxquelles ils appartiennent. Une suite linéaire est une suite où tous les moments sont comparables, c'est-à-dire soit antérieurs soit postérieurs les uns aux autres. Une suite linéaire est maximale lorsqu'elle n'est contenue dans aucune suite linéaire plus grande. Les suites linéaires maximales sont habituellement appelées « histoires » parce qu'elles représentent des cours possibles de l'histoire du monde. Dans notre figure, il y a deux histoires : $h_1 = \{m_{-1}, m_0, m_1\}$ et $h_2 = \{m_{-1}, m_0, m_2\}$. L'ensemble des

futurs possibles d'un moment est l'ensemble des histoires qui passent par ce moment et est noté H_m . Par exemple, $H_{m_0} = \{h_1, h_2\}$ alors que $H_{m_1} = \{h_1\}$ dans notre figure.

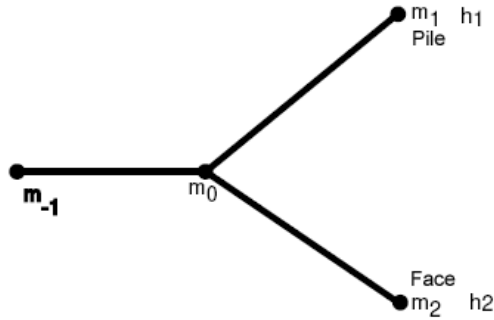


Figure 1 : Un modèle arborescent pour l'exemple du tir à pile ou face

Les prédictions sont formalisées dans un langage constitué d'un ensemble de propositions atomiques $\{p, p_1, p_2, \dots\}$, des connecteurs de vérité classiques – l'implication matérielle (\rightarrow) et la négation (\neg) – ainsi que de trois connecteurs modaux : P qui signifie « il fut le cas que », F qui signifie « il sera le cas que » et \Box qui signifie « il est établi que ».

C'est dans leur manière d'interpréter les formules de ce langage que l'ockhamisme se distingue des approches aristotélicienne et peircéenne. Selon ces dernières, une formule A interprétée à l'aide d'une structure arborescente est vraie à un moment du temps. On aura donc $m \models A$ signifiant « A est vraie au moment m ». Comme je l'ai mentionné en introduction, l'approche ockhamiste propose plutôt d'évaluer les formules relativement à un futur possible, ou plus précisément relativement à une paire (moment, histoires).

La fonction d'interprétation ockhamiste V donnera donc, pour chaque formule du langage, un ensemble de paires (moment, histoires) où cette formule est vraie. L'ockhamisme actualiste et l'ockhamisme priorien se distinguent, principalement, dans les règles d'interprétation qu'ils adoptent pour le connecteur futur. Elles inter-

prêtent de la même façon les propositions atomiques, ainsi que les formules complexes formées à partir des connecteurs de vérité et des connecteurs modaux pour le passé et la nécessité historique (« il est établi que »).

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| $(m, h) \models A$ ssi $(m, h) \in \mathcal{V}(A)$ | Cas général |
| $(m, h) \models \neg A$ ssi $(m, h) \notin \mathcal{V}(A)$ | Négation |
| $(m, h) \models A \rightarrow B$ ssi $(m, h) \in (\mathcal{V}(\neg A) \cup \mathcal{V}(B))$ | Implication |
| $(m, h) \models PA$ ssi $\exists m_1 [m_1 \in T \wedge m_1 < m \wedge (m_1, h) \in \mathcal{V}(A)]$ | Passé |
| $(m, h) \models \Box A$ ssi $\forall h_1 [h_1 \in H_m \rightarrow (m, h_1) \in \mathcal{V}(A)]$ | Nécessité historique |

Comment interpréter « la pièce tombera sur pile » ? Symbolisons cette prédiction comme « Fp » où p signifie « la pièce tombe sur pile ». Les ockhamistes prioriens proposent la règle d'interprétation suivante pour le connecteur futur :

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $(m, h) \models FA$ ssi $\exists m_1 [m_1 \in T \wedge m < m_1 \wedge (m_1, h) \in \mathcal{V}(A)]$ | Futur Priorien |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|

L'idée est donc qu'une prédiction FA est vraie à un moment m_1 et selon le futur possible h seulement s'il existe, dans ce futur possible h, un moment m_2 postérieur à m_1 où A est vraie. Supposons que, dans notre exemple, p est vraie à m_1 et fausse à m_2 . On aura alors que Fp est vraie à m_0 selon le futur possible h_1 , mais que cette prédiction est fausse au même moment selon le futur possible h_2 . Cette prédiction change donc de valeur de vérité, pour un même moment, selon le futur possible utilisé pour l'évaluer. En fait, ce sera toujours le cas lorsqu'on évalue une prédiction à propos d'un fait contingent : la valeur de vérité dépend du futur considéré. Comment, dans ce cas, choisir le futur d'évaluation ?

Les ockhamistes prioriens soutiennent que ce choix ne peut qu'être arbitraire. Choisir une histoire d'évaluation plutôt qu'une autre est un choix « *prima facie*⁵ », un « postulat provisoire⁶ » en attendant de voir ce que le futur nous réserve. Cette position est habituellement présentée par ses défenseurs comme une conséquen-

ce directe de l'indéterminisme. Dire qu'un processus est indéterministe, c'est dire que rien dans le processus ne suffit à en déterminer le résultat ; ou encore qu'aucun des futurs possibles ne se distingue des autres comme étant le futur qui se réalisera. Pour les prioriens, il découle de ce fait qu'aucune histoire ne doit être privilégiée comme celle à partir de laquelle il faut évaluer. Nous examinons plus en détail cet argument en examinant une des critiques de Belnap et Green.

Les actualistes ne croient pas que l'indéterminisme nous réduise à une décision arbitraire dans le choix de l'histoire d'évaluation. Pour eux, il existe bel et bien un futur possible qui est distinct des autres et qu'ils nomment le futur *actuel*. L'existence d'un tel futur leur paraît une conséquence d'un fait très général : le monde suit son cours. Même s'il existe deux moments qui peuvent suivre le tir à pile ou face, un et un seul sera réalisé. La pièce tombera soit sur pile, soit sur face, et pas autrement. C'est ce moment qui constitue le futur actuel du moment de la prédiction.

Pour formaliser cette idée, on ajoute à la structure arborescente une fonction A qui donne pour chaque moment de T une histoire qui passe par ce moment⁷. Cette histoire est l'histoire actuelle à ce moment, notée $A(m)$. Supposons que, dans notre exemple, le futur actuel soit celui où la pièce tombe sur pile. On aura $A(m_{-1}) = A(m_0) = A(m_1) = h_1$ et $A(m_2) = h_2$, tel qu'illustré dans la figure 2.

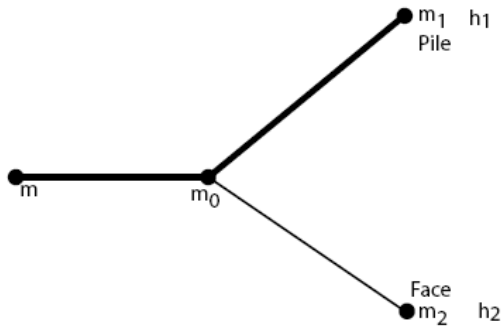


Figure 2 : Un modèle arborescent actualisé pour l'exemple du tir à pile ou face. L'histoire actuelle est en gras.

L'interprétation actualiste des prédictions sera relative à l'histoire actuelle à un moment⁸ :

$$(m, h) \models fA \text{ ssi } \exists m_1 [m_1 \in \mathcal{T} \wedge m_1 \in \mathcal{A}(m) \wedge m < m_1 \wedge (m_1, \mathcal{A}(m)) \in \mathcal{V}(A)] \quad (\text{Futur Actualiste})$$

Cette condition de vérité ramène toujours l'évaluation d'une prédiction à l'histoire actuelle. L'histoire h utilisée comme « argument » de cette condition de vérité est en effet laissée de côté dans l'évaluation. Seule l'histoire actuelle importe. Dans notre exemple, la prédiction « la pièce tombera sur pile » est vraie selon tous les futurs possibles à m_0 simplement parce que la pièce tombe sur pile dans l'histoire actuelle. Ce qui va effectivement être le cas dans le futur est établi. Les actualistes soulignent que leur position ne nie pas l'indéterminisme. Ils acceptent à la fois l'existence de plusieurs futurs possibles et d'un futur actuel⁹.

Pour résumer, les deux formes d'ockhamisme interprètent les prédictions dans des paires moments-histoires. Pour les prioriens, le choix de l'histoire d'évaluation est arbitraire. Pour les actualistes, c'est dans l'histoire actuelle qui doit servir à évaluer les prédictions. Examinons maintenant les critiques que Belnap et Green ont adressées à cette approche.

3. Les critiques de Belnap et Green

J'ai choisi de m'attarder sur deux critiques formulées par Belnap et Green. La première porte sur la thèse philosophique sous-jacente à l'actualisme : l'existence d'un futur actuel. Je l'ai donc nommé « critique philosophique ». La seconde, que j'ai nommée « critique formelle », vise à montrer une conséquence indésirable de l'interprétation actualiste du connecteur futur. La présentation de chacune de ces critiques sera suivie de ma tentative de réponse.

3.1 La critique philosophique

3.1.1 Présentation

L'argument philosophique de Belnap et Green s'attaque à la racine de l'actualisme : l'hypothèse métaphysique selon laquelle il existe un futur actuel. Ils l'énoncent comme suit :

Nos réserves [relatives à l'actualisme] sont qu'il implique un engagement envers des faits physiques [...] qui ne surviennent sur aucun état de choses, qu'il soit physique, chimique ou biologique. Le fait, s'il en est un, qu'à un certain moment indéterministe m il y a une histoire qui est celle qui aura lieu n'est pas un état de choses qui survient sur ce qui est vrai des particules, tissus ou organismes qui existent à m^{10} .

Plus généralement, leur argument peut être schématisé de la manière suivante, en supposant que le seul point de discordance entre l'interprétation priorienne et l'actualisme est l'existence d'un futur actuel :

1. Si une théorie philosophique peut se passer de faits qui ne surviennent sur aucun état de choses alors, toute chose étant égale par ailleurs, cette théorie doit être préférée à une théorie rivale qui ne peut pas se passer de tels faits. (Hypothèse)
2. L'actualisme ne peut se passer de l'existence d'un futur actuel. (Hypothèse)
3. L'existence d'un futur actuel est un fait qui ne survient sur aucun état de choses. (Voir sous-argument)
4. L'actualisme ne peut se passer de l'existence de faits qui ne surviennent sur aucun état de choses. (De (2) et (3) par substitution)
5. L'interprétation priorienne peut se passer de l'existence d'un futur actuel. (Hypothèse)
6. L'interprétation priorienne peut se passer de faits qui ne surviennent sur aucun état de choses. (De (2) et (5) par substitution)
7. On doit préférer l'interprétation priorienne. (De (1), (4) et (6) par LP et MP¹¹)

Comme Belnap et Green ne proposent pas de définition explicite pour « faits » et « état de choses », je vais supposer qu'ils utilisent « état de choses » comme une catégorie ontologique primitive et qu'ils définissent « fait » comme « état de choses qui est le cas ou qui a lieu¹². »

Je supposerai également que la relation de survenance est une relation de dépendance. L'idée intuitive étant qu'un fait S survient sur un autre fait B (sa base) seulement si deux objets ne peuvent être identiques quant au fait B sans être identiques quant au fait S¹³. À partir des considérations de Jaegwon Kim¹⁴, on peut définir la survenance entre faits de la manière suivante :

Survenance forte entre faits. Pour tout fait P et Q, un fait de type P survient fortement sur un fait de type Q ssi, pour tout objet x et y, pour tout monde w_1 et w_2 , si P est vrai de x dans w_1 et de y dans w_2 , alors Q est vrai de x dans w_1 et de y dans w_2 .

Au moyen de cette définition, on peut réécrire la troisième prémisses de l'argument de Belnap et Green¹⁵ :

3. Pour tout fait (physique) P, il existe un x, un y, un moment m_1 et un moment m_2 tels que, soit il existe un futur actuel pour x à m_1 et pour y à m_2 et P n'est pas vrai de x à m_1 ou de y à m_2 , soit il n'existe pas de futur actuel pour x à m_1 ou pour y à m_2 et P est vrai de x à m_1 et de y à m_2 .

En termes plus simples, cette prémisses nous dit que pour n'importe quel fait physique P, on peut trouver un objet à un moment dont l'existence d'un futur actuel pour cet objet ne dépend pas de P.

Comme on pouvait s'y attendre, Belnap et Green ont appuyé cette prémisses par un sous-argument : « Notre moment représente ce qui est établi, ce qui est définitivement le cas, ce qui est déterminé ; et, si l'indéterminisme est vrai, l'histoire future n'est pas encore établie, n'est pas encore définitive, est indéterminée¹⁶. » Il semble donc que l'hypothèse fondamentale qui motive le rejet de l'actualisme

soit l'indéterminisme de notre monde. C'est apparemment en raison de l'indéterminisme que l'existence d'un futur actuel ne survient sur aucun fait physique, et c'est cette indépendance qui handicape la position actualiste. Cet argument est bien entendu énoncé très succinctement. Essayons de le développer :

1. Si un fait survient sur un état de choses qui a lieu à un moment, alors ce fait est établi à ce moment. (Hypothèse)
2. Si l'indéterminisme est vrai alors, pour les moments indéterministes, l'existence d'un futur actuel n'est pas établie. (Hypothèse).
3. Notre monde est indéterministe. (Hypothèse)
4. L'existence d'un futur actuel n'est pas établie pour les moments indéterministes. (De (2) et (3) par MP)
5. Aux moments indéterministes, l'existence d'un futur actuel ne survient pas sur un état de choses ayant lieu à ces moments. (De (1) et (3) par MT¹⁷)

Ce sous-argument vise à montrer que l'actualiste occupe une position inconfortable. D'après Belnap et Green, si l'actualiste soutient sérieusement l'indéterminisme, il doit soutenir que l'existence d'un futur actuel n'est pas établie. En d'autres termes, la seconde prémisse du sous-argument avance que, si on accepte l'indéterminisme, on s'engage envers l'idée que ce qui, « dans les faits », se passera plus tard n'est pas encore établi – le futur actuel spécifiant justement ce qui, « dans les faits », se passera plus tard. Reprenons notre exemple du tir à pile ou face pour clarifier ce point. Plaçons-nous au moment m_0 , c'est-à-dire juste avant que le résultat du tir ne soit connu. Ce que Belnap et Green font valoir, c'est que si le tir à pile ou face est réellement un processus indéterministe, alors à m_0 le résultat réel du tir n'est pas encore déterminé, pas encore établi. Selon eux, un actualiste conséquent avec l'indéterminisme ne peut qu'accepter ce fait. Or, si l'actualiste endosse également la définition de la survenance que nous avons énoncée plus haut, il ne peut pas rejeter l'idée que tout ce qui survient sur un état de choses qui a lieu à un moment est établi à ce moment. Coïncé entre ces deux pré-

misses, il doit soutenir que l'existence d'un futur actuel ne survient sur aucun fait à un moment indéterministe pour sauver sa position. Placé dans le contexte plus large de l'argument principal, ce sauvetage ne fait que montrer une faiblesse de l'actualisme face à l'interprétation priorienne qui, elle, ne « nécessite pas cet étrange royaume de faits¹⁸. »

En somme, l'argument général contre l'actualisme de Belnap et Green vise à montrer qu'il n'est compatible avec l'indéterminisme qu'à condition d'accepter un fait – l'existence d'un futur actuel – qui ne survient sur aucun état de choses. En d'autres termes, si l'actualisme soutient que le futur actuel survient sur ce qui est le cas à un moment indéterministe, il affirme du même coup que le futur actuel *dépend* ou *est déterminé* par les événements ayant lieu à ce moment. Ce qui revient à nier que ce moment est un moment indéterministe. Briser la relation de dépendance entre le futur actuel et ce qui est le cas à un moment semble être la seule manière de maintenir à la fois l'actualisme et l'indéterminisme.

3.1.2 Réponse : battons-nous avec leurs propres armes.

Je crois que l'actualiste peut se tirer de l'argument de Belnap et Green en montrant que l'interprétation priorienne est elle aussi aux prises avec des faits qui ne surviennent sur aucun état de choses. Revenons à l'argument principal. Le passage de la cinquième à la sixième prémisse n'est pas aussi solide qu'il n'y paraît. Rappelons ces prémisses :

5. L'interprétation priorienne peut se passer de l'existence d'un futur actuel. (Hypothèse)
6. L'interprétation priorienne peut se passer de faits qui ne surviennent sur aucun état de choses. (De (2) et (5) par substitution)

La prémisse (6) est évidemment trop forte. Ce que la substitution nous permet de conclure, c'est que l'interprétation priorienne peut se passer *d'un* mais pas de *tous* les faits qui ne surviennent sur aucun état de choses. Pour que l'argument soit acceptable, il faut

montrer soit que l'existence d'un futur actuel est le seul fait qui ne survienne sur aucun état de choses, soit que l'interprétation priorienne ne suppose pas, en outre, d'autres faits non survenants. Aucun argument en faveur de ces thèses n'étant avancé, l'actualiste est libre de chercher dans l'étrange royaume des non survenants certains faits qui seraient nécessaires à l'interprétation priorienne. Or, le sous-argument examiné plus tôt ouvre la voie dans cette recherche.

Belnap et Green nous ont montré que c'est l'indéterminisme qui force à briser le lien de dépendance entre le futur actuel et les états de chose qui ont lieu à un moment. Mais pourquoi limiter la portée de cet argument à l'existence d'un futur actuel ? En fait, l'indéterminisme semble briser la dépendance entre ce qui est le cas à un moment et tous les faits contingents dans le futur de ce moment. Le résultat du tir à pile ou face dans l'exemple précédant est justement un de ces faits contingents. S'il survenait sur tel ou tel état de choses à m_0 , alors il semble que ce résultat serait déterminé. Ainsi, il semble que l'on peut répondre à Belnap et Green en reprenant leur sous-argument :

1. Si un fait survient sur un état de choses qui a lieu à un moment, alors ce fait est établi à ce moment. (Hypothèse)
2. Si l'indéterminisme est vrai alors, pour les moments indéterministes, il y a des faits relatifs au futur de ces moments qui ne sont pas établis. (Hypothèse)
3. Notre monde est indéterministe. (Hypothèse)
4. Pour les moments indéterministes, il y a des faits relatifs au futur de ces moments qui ne sont pas établis. (De (2) et (3) par MP)
5. Aux moments indéterministes, il y a des faits relatifs au futur qui ne surviennent pas sur un état de choses ayant lieu à ces moments. (De (1) et (3) par MT)

La seconde prémisse est d'une telle généralité qu'il n'est pas très difficile de montrer que l'interprétation priorienne suppose les faits en question. Cette prémisse stipule en effet que l'indéterminisme implique l'existence de faits contingents. Elle doit paraître vali-

de à quiconque endosse une version non-triviale de l'indéterminisme objectif. En outre, nous avons vu que l'interprétation priorienne assigne une valeur de vérité aux prédictions à propos de faits contingents. En d'autres termes, elle conserve la bivalence pour toutes les prédictions, qu'elles soient à propos de faits inévitables ou contingents. L'interprétation priorienne suppose donc l'existence de faits futurs contingents auxquels pourront correspondre les prédictions vraies. Ainsi, il semble que l'interprétation priorienne suppose elle aussi l'existence de faits qui ne surviennent sur aucun état de choses.

Ma stratégie de réponse à l'argument de Belnap et Green consiste donc à me battre avec leurs armes. Le sous-argument qu'ils avancent pour montrer que l'existence d'un futur actuel ne survient sur aucun état de choses s'applique tout naturellement à tous les faits futurs contingents. Comme l'interprétation priorienne semble supposer l'existence de tels faits, il semble qu'elle ne soit pas réellement préférable à l'approche actualiste pour l'interprétation des prédictions. Il est clair que cette réponse ne constitue pas un argument *en faveur* de l'actualisme. Il vise simplement à égaliser le pointage à ce stade de la partie.

3.2 La critique formelle

3.2.1 Présentation

L'argument formel de Belnap et Green vise à montrer que l'interprétation actualiste invalide le principe suivant : S'il est le cas que p alors il fut le cas qu'il sera le cas que p , qui donne en symboles (avec Fp dans le langage priorien et $f\dot{p}$ dans le langage actualiste) :

$$p \rightarrow PF[f]p$$

(Retour vers le Futur)

En dépit des apparences, le principe du *Retour vers le Futur* n'est pas déterministe. Rappelons-nous que l'évaluation d'une formule comme « il fut le cas que P » (Pp) se fait à une paire moment-histoire (m, h) et nous déplace dans le passé de m *le long de l'histoire* h à la recherche d'un moment où p est vraie. Dans l'interprétation priorienne, l'évaluation d'une formule au futur (Fp) se fait de

manière symétrique vers le futur. Ainsi, toujours dans l'approche priorienne, le complexe PFp signifie « dans ce cours possible de l'histoire il fut le cas qu'il sera le cas que p ». Dans l'approche actualiste, le connecteur futur se comporte différemment ; fp signifie « il sera le cas que p dans l'histoire actuelle ». Nous avons vu dans la deuxième section que l'interprétation de ce connecteur ramène toujours à l'histoire actuelle. Ainsi, lorsqu'on évalue le complexe Pfp à une paire (m, h) , on cherche un moment m_0 dans le passé de m pour lequel il existe, dans l'histoire actuelle à m_0 , un moment futur où p est vraie. Illustrons cette différence d'interprétation dans notre exemple du tir à pile où face.

Reprenons la structure arborescente actualisée utilisée dans la deuxième section avec la proposition p signifiant « la pièce tombe sur pile ». Plaçons-nous au moment m_1 où p est vraie. On a évidemment $(m_1, h_1) \models PFp$ parce qu'au moment m_0 , on a $(m_0, h_1) \models Fp$ et $m_0 < m_1$. Le principe du *Retour vers le Futur* est donc satisfait à m_1 avec un F priorien. En fait on peut facilement montrer que ce principe est valide, c'est-à-dire vrai dans tous les modèles :

Validité de Retour vers le futur. $p \rightarrow PFp$ est valide dans tous les modèles arborescents si F est interprété de manière priorienne.

Démonstration. Soit $(m, h) \models p$ pour une paire (m, h) quelconque. Le long de l'histoire h , pour tous les moments m' antérieurs à m , on a $(m, h) \models Fp$ ¹⁹.

Regardons maintenant ce qui se passe lorsqu'on utilise le f actualiste. À m_1 , la situation reste inchangée parce que l'histoire actuelle à m_0 est h_1 . On a bien $(m_1, h_1) \models Pfp$. Plaçons-nous maintenant à m_2 avec une nouvelle proposition q signifiant « la pièce tombe sur face ». Quoiqu'on ait $(m_1, h_2) \models q$, à aucun moment dans le passé de m_2 fq n'est vraie parce que l'histoire actuelle à ces moments est h_1 . Comme l'évaluation du f actualiste nous ramène toujours à l'histoire actuelle, notre exemple du tir à pile où face constitue un contre-exemple à la validité de *Retour vers le futur* avec un f actualiste.

Pourquoi faut-il déplorer la falsifiabilité de cette formule dans un modèle actualiste ? Belnap et Green répondent en nous demandant de nous mettre à la place d'un individu à m_2 . On pourrait alors tenir le discours suivant :

La pièce est tombée sur face, mais ce n'est pas ce qui allait se passer. Avant le tir, la pièce allait tomber sur pile. Elle ne l'a pas fait, c'est tout²⁰.

Pour Belnap et Green, quoiqu'il soit cohérent avec l'interprétation actualiste, ce discours est plutôt contre-intuitif. L'actualiste doit expliquer pourquoi la pièce allait tomber sur pile mais « ne l'a pas fait » ; explication qui semble plutôt difficile à donner. C'est donc un défi qui est lancé aux actualistes : adapter leur sémantique de sorte qu'elle retrouve la validité de *Retour vers le futur*.

3.2.2 L'approche Danoise

Torben Braüner, Per Hasle et Peter Øhstrøm ont tenté de relever ce défi. Ils proposent d'imposer une condition supplémentaire à la fonction actualisante A :

Nous ajoutons la condition que la fonction de chronique doit être normale au moment d'évaluation. Ceci fait que la sémantique valide $p \rightarrow Hfp$ ²¹.

La fonction de chronique dont il est question ici est la fonction actualisante A , ces auteurs ayant l'habitude de nommer « chronique » ce que j'ai jusqu'ici nommé « histoire ». Qu'est-ce qu'une fonction actualisante normale²² ? Une fonction actualisante A est normale à un moment m seulement si pour tout moment m_0 antérieur à m , $A(m_0) = A(m)$. Dans notre exemple du tir à pile ou face, la fonction A est normale à tous les moments sauf à m_2 .

Bien que cette proposition permet effectivement de valider $p \rightarrow Hfp$, elle me paraît beaucoup trop radicale. L'exemple du tir à pile ou face nous révèle qu'on ne peut pas évaluer $p \rightarrow Hfp$ à m_2 justement parce que la fonction A n'y est pas normale. En fait, pour

tous les moments où une nouvelle histoire actuelle débute, c'est-à-dire tous les moments « contraires aux faits », la restriction nous empêche d'évaluer. Mais ces moments sont justement ceux qui permettent de construire des contre-exemples actualistes à *Retour vers le futur*. La sémantique de Braüner, Hasle et Øshtrøm se tire donc d'affaire d'une manière plutôt drastique : elle empêche tout simplement d'évaluer aux moments qui posent problème. Comme l'intérêt d'une sémantique temporelle dans un modèle arborescent est justement de parler de ce qui pourrait ou aurait pu arriver, et que ce langage exige une évaluation à des moments contraires aux faits, il vaut la peine d'essayer de construire une sémantique qui valide *Retour vers le futur* tout en évitant de restreindre l'évaluation aux moments où A est normale.

3.2.3 Réponse

L'approche que je propose émerge d'un croisement entre l'approche priorienne et l'approche actualiste. Pour retrouver la validité de *Retour vers le futur*, il suffit de garder les règles d'interprétation *prioriennes* pour les connecteurs modaux et temporels, d'utiliser la structure arborescente *actualiste* et d'intégrer le futur actuel à travers une règle qui nous dit quelle paire moment-histoire doit être choisie lors de l'évaluation des formules.

Règle actualiste : L'histoire utilisée pour *débuter* l'évaluation de n'importe quelle formule du langage actualiste A à un moment m est l'histoire actuelle à ce moment ($A(m)$).

L'idée ici est qu'au moment d'évaluation, c'est-à-dire au moment où « commence » l'évaluation d'une formule, la paire (m, h) utilisée est toujours la paire $(m, A(m))$. Toutes les évaluations subséquentes, c'est-à-dire celles qui seront faites lorsqu'on se transporte d'un moment à l'autre selon les différentes occurrences de connecteurs temporels, sont faites selon les conditions prioriennes. Les connecteurs temporels nous déplaceront donc le long de l'histoire actuelle au moment d'évaluation. Cette approche laisse au connecteur futur sa signification actualiste ; une formule fA est vraie

dans une paire $(m, A(m))$ seulement si A est vraie à un moment futur dans l'histoire actuelle à m. Elle évite cependant le retour systématique à l'histoire actuelle provoquée par la sémantique actualiste classique. Reprenons notre exemple du dé pour illustrer cette approche.

Plaçons-nous au moment m_2 , où *Retour vers le futur* est falsifié dans l'interprétation actualiste habituelle. Reprenons $q = \ll$ la pièce tombe sur face \gg , et évaluons $q \rightarrow Pfq$. La règle actualiste nous dit de débiter l'évaluation à ce moment par la paire $(m_2, A(m_2))$. L'histoire actuelle à ce moment est h_2 . Il faut donc vérifier si $(m_2, h_2) \models q \rightarrow PFq$. On sait, par hypothèse, que $(m_2, h_2) \models q$. L'évaluation de PFq se fait selon les règles prioriennes. PFq est vrai seulement si Fq est vrai dans un moment antérieur dans le cours possible h_2 . Mais $(m_2, h_2) \models q$ nous garantit que Fq est vrai dans tous les moments antérieurs à m_2 dans h_2 , ce qui suffit à vérifier PFq.

En fait, la preuve de validité de *Retour vers le futur* pour la sémantique priorienne est immédiatement applicable à l'approche que je propose ici. La seule différence entre les deux sémantiques est que la dernière comble le « vide » laissé dans le choix de l'histoire d'évaluation par l'approche priorienne. Rappelons-nous que, pour les prioriens, le choix de l'histoire d'évaluation est arbitraire ou *prima facie*. L'approche actualiste que je propose répond que non, le choix d'une histoire d'évaluation n'est pas arbitraire. Lorsqu'on affirme quelque chose à un moment, nous le faisons relativement à l'histoire actuelle à ce moment, et pas relativement à n'importe quelle histoire prise au hasard. Cet engagement envers le cours actuel de l'histoire ne se limite cependant pas aux prédictions ; il touche également nos affirmations à propos du passé. L'uniformité de la sémantique priorienne, couplée avec la règle actualiste, me semble cristalliser cet engagement.

Ce type de sémantique à mi-chemin entre l'approche priorienne et l'approche actualiste habituelle est, en un sens, une forme pré-belnapienne d'actualisme. « Indeterminism and the Thin Red Line » a, en quelque sorte, « fixé » l'appellation « actualisme » à une sémantique qui adopte la règle d'interprétation pour le connecteur

futur *f*. Or, avant la publication de ce texte, John Burgess²³ a présenté une sémantique avec des conditions prioriennes de vérité qu'il nomma néanmoins « actualiste ». Burgess invoquait explicitement un « futur actuel » dans les discussions informelles sur sa sémantique quoiqu'il n'utilisait pas la structure arborescente avec la fonction actualisante. On peut présumer que Burgess avait en tête une règle analogue à la *règle actualiste* qui peut maintenant être explicitée grâce à la fonction *A*.

Avant de conclure, j'aimerais examiner une objection priorienne potentielle à la sémantique que j'ai proposée. Soit, dirait le priorien, cette sémantique est actualiste lorsque le premier connecteur d'une formule est un *F*. Par exemple, si une formule est de la forme *Fp*, alors la *règle actualiste* rend *Fp* vrai seulement si *p* est vrai dans le futur actuel. Mais qu'en est-il lorsque le connecteur *F* est enchâssé dans un complexe de connecteurs temporels ? Il semble que l'interprétation du connecteur futur n'est plus actualiste. Dans le dernier exemple, l'évaluation de *PFp* au moment m_2 nous transporte dans le passé à la recherche d'un moment m_0 où *Fp* est vrai dans l'histoire actuelle à m_2 et non pas dans l'histoire actuelle à m_0 . En d'autres termes, l'évaluation des prédictions semble actualiste lorsqu'elles sont faites au moment d'évaluation mais elle ne semble plus actualiste lorsque qu'elles sont enchâssées dans des formules complexes. Comment expliquer cette irrégularité ?

La réponse à cette objection potentielle fut, selon moi, esquissée dans les paragraphes précédents. L'existence d'un cours actuel de l'histoire me semble non seulement nous engager lorsqu'on fait des prédictions, mais plus généralement lorsqu'on fait des assertions « temporalisées ». Dans ce contexte, lorsqu'on enchâsse une prédiction dans une formule temporelle plus complexe, l'évaluation de cette prédiction est encore liée au cours de l'histoire actuel au moment où on fait l'assertion plus complexe. C'est pour cette raison que l'évaluation de *PFp* à un moment *m* nous transporte le long de l'histoire actuelle à ce moment *m*. En termes plus simples, *PFp* signifie « selon le cours actuel de l'histoire, il allait être le cas que *p* » et non pas « il fut le cas que, dans l'histoire actuelle de ce moment passé, il allait être le cas que *p* ». Selon moi, l'irrégularité

n'est donc qu'apparente. L'évaluation est uniforme pour autant qu'on admet être lié au cours actuel de l'histoire tant lorsqu'on fait des prédictions que des assertions temporelles plus complexes.

4. Conclusion

Je m'étais fixé deux buts au départ : répondre à la critique philosophique de Belnap et Green et présenter une interprétation actualiste qui valide *Retour vers le Futur*. J'ai répondu à la critique philosophique en montrant que l'approche priorienne suppose des faits qui ne surviennent sur aucun état de choses, ce qui est justement reproché à l'actualisme. J'ai ensuite construit une sémantique à partir de la structure arborescente actualiste, des conditions de vérité prioritaires et d'une règle pour l'interprétation qui fait le lien entre les deux. Cette sémantique valide *Retour vers le Futur* pour la même raison que l'approche priorienne.

Ces deux réponses ne sont pas des arguments positifs envers l'actualisme. J'ai tenté de montrer que cette approche peut surmonter ce que je considère être les deux critiques principales de Belnap et Green. Comme je l'ai dit plus tôt, j'espère avoir marqué quelques points pour le clan actualiste... mais la partie n'est pas encore terminée. Ce que nous réserve le futur actuel de cette partie est peut-être bien établi, mais il reste tout de même inconnu !

1. M. Green et N. Belnap, « Indeterminism and the Thin Red Line », *Philosophical Perspectives*, 8 (1994).

2. J'utilise « ockhamisme priorien » en référence à Arthur Prior (*Past, Present and Future*, Oxford University Press, Oxford, 1967), qui est généralement considéré comme le premier à avoir proposé explicitement une interprétation ockhamiste des prédictions. Il a lui-même qualifié son interprétation d'ockhamisme.

3. Je me réfère principalement à une seconde édition de ce texte dans, Nuel Belnap, Michael Perloff, et Ming Xu. *Facing the Future : Agents and Choices in our Indeterministic World*, Oxford, Oxford University Press, 2001.

4. Il est important de noter que cet indéterminisme est objectif. Le fait qu'un tir à pile ou face ait plusieurs futurs possibles ne dépend pas de notre incapacité à en prédire le résultat.

5. Arthur Prior, *Past, Present and Future*, Oxford, Oxford University Press, 1967, p. 121

6. Richmond Thomason, « Combination of tense and modality » dans D. Gabbay et G. Gunthener (éds), *Handbook of Philosophical Logic*, Dordrecht, Reidel, 1984 (réédition 2001), p. 145

7. Cette formalisation du modèle actualiste n'est pas la seule possible. Pour un panorama des différentes formalisations, voir *Facing the future*, *op. cit.*

8. J'utilise ici un f minuscule pour distinguer ce connecteur futur du connecteur priorien.

9. Il est important de noter que l'actualisme, tout comme l'indéterminisme, est une thèse portant sur le monde et pas sur les connaissances que nous en avons. Quoiqu'on puisse préférer, comme John Burgess dans « Logic and time » (*Journal of Symbolic Logic*, 44.4 (1979), pp. 566-582), postuler qu'il nous est absolument impossible de connaître le futur actuel, ce postulat reste indépendant.

10. Traduction libre de : « Our objective reservation to [actualism] is that it involves commitments to physical facts that [...] do not supervene upon any physical, chemical, biological or physiological state of affairs. The fact, if it is one, that at a given indeterministic moment m there is some history such that it is the one that will occur is not a state of affairs that supervenes upon what is true of particles, tissues, or organism that exist at m . », Nuel Belnap, Michael Perloff, et Ming Xu, *op. cit.*, p. 168.

11. LP est une abréviation pour « logique propositionnelle » et MP pour « modus ponens ».

12. Thomas Wetzel, *State of Affairs*, Stanford Encyclopedia of Philosophy, <http://plato.stanford.edu/entries/states-of-affairs/>, novembre 1999.

13. Je me réfère principalement à Jaegwon Kim, « Concepts of Supervenience » et « Strong and Global Supervenience Revisited » dans Jaegwon Kim (éd.), *Supervenience and Mind : Selected Philosophical Essays*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993 ; et id., *Mind in a Physical World*, MIT Press, 1999.

14. Deux remarques. Kim distingue trois relations de survenance ; j'ai retenu seulement celle qu'il considère être la plus adéquate, soit la survenance forte. De plus, toujours selon Kim, la survenance semble être fondamentalement une relation entre propriétés. La survenance entre événements ou faits est définissable en termes de survenance entre propriétés.

Malheureusement, il n'adapte aux faits que la relation de survenance globale. Je me risque donc à proposer la définition suivante pour la survenance forte entre faits.

15. Sous la supposition que l'ensemble des propriétés est fermé sous la conjonction et la disjonction infinie, Kim prouve que la relation de survenance est en fait une biconditionnelle. C'est pour cette raison que la négation de cette relation prend la forme d'un soit... soit.

16. Traduction libre de : « Our moment represent what is settled, what is a definite matter of fact, what is determinate ; and the future course of history is still unsettled, is not yet a matter of fact, is indeterminate, if indeterminism is true. », Nuel Belnap, Michael Perloff, et Ming Xu, *op. cit.*, p. 168.

17. La restriction aux moments indéterministes est nécessaire pour l'argument mais est triviale dans le contexte de notre discussion. Je la considérerai implicite et n'y reviendrai pas dans la suite.

18. Traduction libre de : « Those of us who do not postulate a Thin Red Line have no need of such a mysterious realm of physical facts. », *Ibid.*, p. 168.

19. C'est plutôt $p \rightarrow HFp$ qui est prouvé ici, avec $HP =_{df} \neg P\neg p$. La validité de *Retour vers le futur* s'ensuit immédiatement.

20. *Ibid.*, 167.

21. P. Øhstrøm, Per V. Hasle, and P. Braüner, « Ockhamistic logics and true futures of counterfactual moments », *Proceedings of the Fifth International Workshop on Temporal Representation and Reasoning (TIME-98)*, 18 (1998), p. 137.

22. Cette appellation provient du travail de Richmond Thomason et Anil Gupta sur les conditionnels contraires aux faits, Richmond Thomason et Anil Gupta, « A theory of conditionals in the context of branching time » dans W. L. Harper, R. Stalnaker et G. Pearce (éds.), *Ifs : Conditionals, Beliefs, Decision, Chance and Time*, Dordrecht, Reidel, 1980, pp. 299-322.

23. John Burgess, « Logic and time », *Journal of Symbolic Logic*, 44.4 (1979), pp. 566-582. Et plus tard Alberto Zanardo dans « A finite axiomatization of the set of strongly valid ockhamist formulas », *Journal of Symbolic Logic*, 14.1 (1985), pp. 447-468.