

gative [Rus03], et attribue les différenciations entre d'autres types d'émotions à des différences contextuelles qui ne sont pas d'ordre émotionnel. Paul Ekman distingue six émotions en se fondant sur des mesures du système nerveux autonome, c'est à dire des changements physiologiques, qui permettraient de les distinguer [Ekm99]. Pourtant, dans une revue consacrée au sujet, Robert W. Levenson conclut clairement qu'il n'existe pas de preuves en faveur d'une distinction des émotions sur la base des mesures du système nerveux autonome [Lev92]. Silvan S. Tomkins quant à lui dresse une liste de neuf affects et trois valences en adoptant une approche fonctionnelle des émotions [Tom62, Tom63].

Quelles que soient les méthodes d'observation utilisées, mesures du système nerveux autonome, imagerie cérébrale, observation du comportement, il n'existe aucun ensemble de patrons qui puissent correspondre exactement à des catégories d'émotions [Bar06]. Seules deux affirmations semblent communes à chaque théorie : (i) les émotions répondent à un impératif d'adaptation et sont orientées vers un but (ii) il existe un état affectif de valence positive, et un état affectif de valence négative. À côté de ces deux grands principes, pourquoi existe-t-il autant de divergences dans la catégorisation des émotions ? Une réponse intéressante a été apportée par la psychologue L. F. Barrett [Bar06] : si l'absence de patrons émotionnels est plutôt la règle que l'exception, c'est peut-être parce qu'il n'y en pas. Selon elle les émotions sont des conceptualisations et non des entités de notre système affectif. Les humains font l'expérience des émotions de la même façon qu'ils font l'expérience d'une couleur ou du comportement de quelqu'un : ils utilisent leurs connaissances pour décomposer et conceptualiser l'information qui leur parvient, en adoptant une approche ascendante.

Si les émotions sont effectivement des catégorisations, elles ne sont donc pas suffisantes, ni peut-être même nécessaires, pour produire les comportements que nous qualifions comme émotionnels. Il faut donc se demander quels processus peuvent être à l'origine de ces comportements. La théorie du psychologue S.E. Hobföll sur la conservation des ressources constitue une piste de travail qui nous semble intéressante en ce sens [Hob89]. Pour lui, la protection et l'acquisition de ressources sont les seuls éléments nécessaires pour expliquer l'état de stress et de bien être d'un

individu. Le principe de ce modèle est que les personnes luttent pour retenir, protéger, construire leurs ressources, et que ce qui les menace est la perte effective ou potentielle de ces précieuses ressources. Lorsque les individus ne sont pas confrontés à des éléments stressants, ils cherchent à acquérir des surplus de ressources afin de compenser des pertes futures. Des exemples de ressources citées par Hobföll sont le contrôle, l'estime de soi, le statut socio-économique, l'emploi, les êtres aimés, les croyances. Elles sont donc de type diversifié et peuvent s'appliquer à l'ensemble des éléments de l'environnement dans lequel évolue un agent. Ce lien fonctionnel entre l'affect et les ressources se retrouve également dans la théorie de la psychologie sociale des groupes de J. W. Thibaut et H. H. Kelley [TK86]. Selon eux les dyades se forment lorsque deux individus s'apportent un ratio récompense/coût satisfaisant.

Suivant l'argumentation de J.A. Russell et L.F. Barrett, la diversité d'expression des émotions tient plus à la complexité de l'environnement qu'à leur nature elle-même. Les modèles que nous avons présentés permettent d'expliquer les phénomènes affectifs sous un angle fonctionnel et nous pensons qu'ils peuvent permettre d'effectuer des généralisations couvrant de nombreuses situations et rendant compte d'une grande partie des comportements affectifs. C'est l'hypothèse que nous souhaitons valider.

3 Principe du modèle proposé

Plutôt que de se fonder sur des catégories émotionnelles, nous proposons un modèle pour le comportement affectif d'agents autonomes basé sur la théorie de la conservation des ressources de Hobföll. Cette théorie psychologique, n'étant pas modélisée et n'ayant pas vocation à être implémentée, a nécessité un travail important d'adaptation, de complétion, et de modélisation.

3.1 Principe général

Le modèle présenté dans ce document repose sur le principe suivant : les agents souhaitent des ressources qu'ils vont tenter d'acquérir, et une fois ces ressources acquises ils cherchent à les protéger. Une ressource souhaitée active des actions d'acquisition, et une ressource menacée active des actions de protection. Les actions envisageables pour acquérir ou protéger

une ressource dépend du type de la ressource. Par exemple toute ressource r de type *énergie comestible* s’obtient en réalisant l’action de manger r . Un agent peut donc manger un gâteau pour gagner la ressource *énergie comestible*, mais aussi parler avec un autre agent pour gagner la ressource *relation sociale*, ou doubler dans une file d’attente pour gagner la ressource *meilleure position* dans la file. Chaque ressource souhaitée est associée à un degré de manque qui exprime la force avec laquelle l’agent souhaite la ressource. Ce degré peut évoluer au cours du temps de façon définie, ou bien selon les effets des actions de l’agent comme “*manger un gâteau*”, d’autres agents comme “*voler le gâteau*”, ou d’événements naturels comme “*un éclair foudroie le gâteau*”.

Nous avons porté notre choix sur l’utilisation de variables discrètes à valeur symbolique afin d’éviter les problèmes associés aux variables continues dans les modèles motivationnels et affectifs. L’utilisation de ces dernières se révèle souvent délicat lorsqu’il s’agit de paramétrer un modèle, de déterminer des seuils, d’effectuer des calculs ayant un sens sur le plan psychologique, et d’interpréter les significations des valeurs en sortie de calcul. Une approche discrète offre une gradation moins riche, mais une définition plus claire des paramètres et une meilleure prédiction et compréhension de leurs effets.

3.2 Architecture

Soit A l’ensemble des agents et R l’ensemble des ressources du monde Ω . $\forall i \in A$, l’architecture affective de i est composée de quatre piles de ressources actualisées au temps t :

- $RS_i(t)$, les ressources souhaitées par i ;
- $RA_i(t)$, les ressources acquises de i ;
- $RM_i(t)$, les ressources menacées de i ;
- $RP_i(t)$, les ressources que i a perdues.

Soit $DV \in \mathbb{N}$ un ensemble fini de valeurs. $\forall r \in RS_i(t)$, nous notons $\mu_i^r(t) \in DV$ le manque, ou degré de souhait, éprouvé par i pour une ressource r au temps t .

Les piles de ressources sont initialisées avant le début de la simulation. Elles peuvent être vides, remplies selon une configuration par défaut, ou selon un scénario spécifique. Une configuration par défaut pourrait fixer $\forall i \in A$, $RS_i(t) = \{Nourriture, Repos, Boisson\}$, avec $\mu_i^{Nourriture}(0) = \mu_i^{Repos}(0) = \mu_i^{Boisson}(0) = 2$,

où 2 correspond à un souhait modéré. Une configuration pour un scénario pourrait fixer pour $i \in A$, $RS_i(t) = RS_i(t) \cup \{TicketDeTrain\}$, avec $\mu_i^{TicketDeTrain}(0) = f(HeureDeDepart)$, où plus l’heure de départ du train est proche plus le degré de souhait pour le ticket de train est élevé.

Soit O l’ensemble des objets de l’environnement avec $A \subset O$. $\forall o \in O$, $R(o)$ est l’ensemble des ressources offertes par l’objet o , incluant o lui même car un objet peut-être considéré comme une ressource à lui seul, lorsque par exemple un agent s’y attache¹. $\forall r \in R(o)$ il existe un degré de compensation $C_i^r(o, t) \in [-DV; DV]$ qui indique le degré avec lequel la ressource r de l’objet o peut diminuer ou augmenter un manque de l’agent i pour r au temps t . Par exemple on peut fixer $\forall i \in A$, $C_i^{Nourriture}(hamburger, t) < C_i^{Nourriture}(carotte, t) < 0$, signifiant que la ressource *Nourriture* de l’objet *hamburger* diminue plus le manque de nourriture chez i que la ressource *Nourriture* de l’objet *carotte*.

En cours de simulation l’ajout, la suppression et la hiérarchisation des ressources dans les piles d’un agent i sont prises en charge par le Gestionnaire de Pile (voir figure 1). Ce module réorganise les piles à chaque cycle d’exécution en prenant en compte le degré de manque de i pour des ressources, les ressources disponibles dans l’environnement et leur degré de compensation pour i , les menaces sur les ressources de i , et l’acquisition ou la perte de ressources de i .

3.3 Réalisation d’une action

Soit $A_i(t)$ les actions pouvant être réalisées par l’agent i au temps t . Lorsqu’une action $a \in A_i(t)$ est réalisée elle a des effets sur les ressources d’un ou plusieurs agents qui sont les patients de l’action notés $patients(a) \subset A$. $\forall j \in patients(a)$, $E(a, j, t')$ est l’ensemble des ressources gagnées, perdues ou protégées au temps t' pour chaque agent j suite à la réalisation de l’action a par i . Une action peut avoir des effets immédiats ou des effets plusieurs pas de temps après sa réalisation. Une action ayant un effet immédiat recherché par l’agent peut être considérée comme une *action pulsionnelle*, et une action ayant un effet reporté peut-être considérée comme une *action contrôlée*.

¹Les mécanismes d’attachement ne sont pour le moment pas pris en compte dans le modèle.

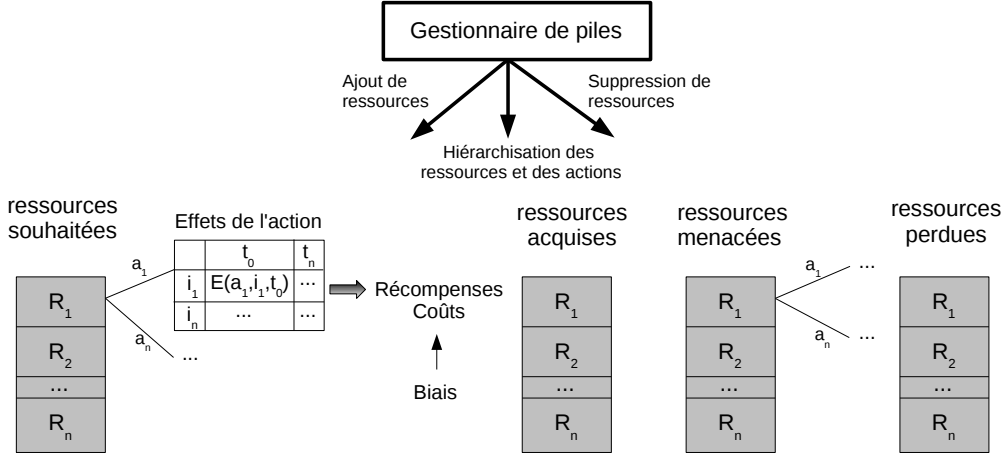


FIG. 1 – Architecture Générale.

On définit A_r^+ et A_r^- les ensembles d'actions ayant respectivement pour effet l'acquisition et la protection de r par l'agent qui réalise l'action. Si $r \in RS_i(t)$ alors $A_i(t) \leftarrow A_i(t) \cup A_r^+$, et si $r \in RM_i(t)$ alors $A_i(t) \leftarrow A_i(t) \cup A_r^-$. L'agent peut donc réaliser des actions d'acquisition vis à vis des ressources qu'il souhaite et des actions de protection vis à vis de ses ressources menacées.

Le gain et la perte d'une ressource $r \in R(o)$ par l'agent i au temps t sont associés à un revenu $r_i^r(t)$. Cette valeur est calculée par rapport au degré de compensation $C_i^r(o, t)$ et au degré de manque $\mu_i^r(t)$. Plus le degré de manque chez i pour r est élevé et plus la compensation de la ressource r pour i est importante, plus l'acquisition ou la perte de r provoquera un gain ou un coût élevé.

Un agent a des connaissances sur ses degrés de manque, et sur les degrés de compensation des ressources des objets du monde. Il peut donc anticiper les gains et les coûts. Ces connaissances peuvent être modifiées par l'optimisme, l'excitation, le bien-être, et l'égoïsme ou l'altruisme de l'agent. Nous développons ces paramètres dans la section 5.3.

4 Degrés de manque et de compensation

Soit un agent i , $\forall r \in RS_i(t)$, nous notons $\mu_i^r(t) \in DV$ le manque éprouvé par i pour une ressource r au temps t . Soit O l'ensemble des objets du monde Ω , $\forall o \in O, \forall r \in R(o)$ nous notons $C_i^r(o, t) \in [-DV; DV]$ le degré de compensation de la ressource r de l'objet o sur le

manque de i au temps t . $C_i^r(o, t)$ influence $\mu_i^r(t)$ lorsque o est acquis par i .

4.1 Calcul de la valeur du manque

La valeur d'un manque pour une ressource peut suivre des variations intrinsèques ou extrinsèques. Une variation intrinsèque est uniquement fonction d'intervalles de temps, c'est à dire que la valeur du manque change après un certain temps écoulé sans modification. Il s'agit typiquement de manque pour des ressources comme la nourriture, la boisson, le repos, dont la valeur croît progressivement jusqu'à une nouvelle compensation. Une variation extrinsèque a lieu lorsqu'une ressource correspondant à la variable est acquise ou perdue, et sa valeur est déterminée en fonction de la valeur de compensation de la ressource.

Variation intrinsèque. Soit RI l'ensemble des ressources dont la valeur de manque $\mu_i^r(t)$ est associée à une variation intrinsèque. On se donne une fonction $f_r(x, I(x))$ qui renvoie la nouvelle valeur de manque en fonction de la valeur courante x du manque et de l'intervalle de temps $I(x)$ en heures passé à cette valeur x . $\forall r \in RI, \forall i \in A, \mu_i^r(t+1) \leftarrow f_r(\mu_i^r(t), I(\mu_i^r(t)))$.

exemple : soit $Nourriture \in RI$, $f_N(x, I(x))$ la fonction de variation intrinsèque associée à cette ressource, et $\max(DV)$ la valeur maximum de l'ensemble $DV \in \mathbb{N}$.

$$f_N(x, I(x)) = \begin{cases} \max(DV), & \text{si } x = \max(DV) \\ x + 1, & \text{si } I > 4 \\ x, & \text{sinon} \end{cases}$$

Si $\max(DV) = 5$, $\mu_i^r(t) = 3$, et qu'il s'est écoulé 5 heures depuis la dernière modification du manque de l'agent i , alors $\mu_i^r(t+1) = 4$ et le compteur $I(\mu_i^r(t+1))$ est initialisé à 0. Le besoin de l'agent i pour une ressource *Nourriture* a donc augmenté en passant de 3 à 4 au bout de cinq heures. La fonction de variation proposée dans cet exemple est simple, mais il est possible de la rendre plus réaliste en prenant par exemple pour base un modèle biologique.

Variation extrinsèque. $\forall o \in O$, les objets du monde, chaque ressource $r \in R(o)$ a un attribut de compensation sur un agent i , noté $C_i^r(o, t) \in \{-DV; DV\}$. Une valeur négative diminue un manque, tandis qu'une valeur positive augmente un manque. Ce degré varie au cours du temps. Par exemple dans le cas d'un aliment qui se périmé, on peut fixer un degré de compensation qui tend vers 0 pour la ressource *Nourriture*, et un degré de compensation qui tend vers $\max(DV)$ pour la ressource *Sante* de l'agent.

Lorsqu'un agent i acquiert un objet o , $\forall r \in R(o)$, $\theta = \mu_i^r(t) + C_i^r(o, t)$ et

$$\mu_i^r(t+1) = \begin{cases} \mu_i^r(t), & \text{si } |\theta| > \max(DV) \\ \theta, & \text{sinon} \end{cases}$$

exemple : soit un agent i , avec $\mu_i^{Plaisir}(t) = 2$ et $\mu_i^{Nourriture}(t) = 4$. On définit l'objet h représentant un hamburger avec $R(h) = \{Plaisir, Nourriture\}$, $C_i^{Plaisir}(h, t) = -2$ et $C_i^{Nourriture}(h, t) = -3$. L'acquisition de l'objet h par i produira les affectations $\mu_i^{Plaisir}(t) \leftarrow 0$ et $\mu_i^{Nourriture}(t) \leftarrow 1$. L'agent i n'éprouve plus de manque pour la ressource *Plaisir*, et son manque pour la ressource *Nourriture* a diminué.

Lorsqu'un agent i perd un objet o_1 , $\forall r \in R(o_1)$ s'il n'existe pas d'objet o_2 dans la pile de ressources acquises $RA_i(t)$ tel que $r \in R(o_2)$, alors $\theta = \mu_i^r(t) - C_i^r(o_1, t)$. C'est à dire que si l'agent n'a plus de ressource r le manque de l'agent augmente si la compensation de r par o_1 était < 0 , et qu'il diminue elle était > 0 . En revanche $\forall r \in R(o_1)$ s'il existe $o_2 \in RA_i(t)$ tel que $r \in R(o_2)$, alors $\theta = \min_{o_2 \in RA_i(t)} \mu_i^r(t) + C_i^r(o_2, t)$. Cela signifie que si l'agent a encore une ressource r c'est la ressource r de l'objet $o \in RA_i(t)$ offrant le degré de manque minimum à l'agent qui est prise en compte.

4.2 Calcul du coût et de la récompense apportée

Lorsque le manque d'un agent i pour une ressource augmente cela engendre un coût pour i , et lorsqu'un manque diminue cela engendre une récompense. Le calcul du revenu d'une ressource pour un agent i au temps t est donné par :

$$r_i^r(t) = (\mu_i^r(t) - \mu_i^r(t+1)) * \mu_i^r(t)$$

Si $r_i^r(t) < 0$ cela signifie que le manque a augmenté, et si $r_i^r(t) > 0$ cela signifie que le manque a diminué. Plus le manque est élevé au temps t plus le revenu est majoré. Nous faisons en effet l'hypothèse qu'un état de manque élevé grossit l'attention de l'agent sur les coûts et les récompenses qu'il subit.

Le revenu d'une ressource entre en compte dans la sélection de l'action. L'agent peut anticiper le revenu engendré par l'acquisition ou la perte d'une ressource r s'il connaît le degré de compensation de r . Notre modèle n'intégrant pas de processus d'apprentissage, tous les agents connaissent les valeurs de compensation des ressources des objets de l'environnement.

5 Gestion des piles et sélection de l'action

Le gestionnaire de pile contrôle l'entrée et la sortie des ressources dans chacune des piles, ainsi que leur hiérarchisation à l'intérieur des piles. Chaque ressource est associée à un ensemble d'actions en fonction de la pile à laquelle elle appartient. Les ressources en sommet de pile sont traitées en priorité par l'agent.

5.1 Ajout et suppression de ressources dans les piles

Il existe pour chaque pile de ressources d'un agent i des conditions qui déterminent l'ajout ou la suppression d'une ressource r dans la pile. Ces conditions sont évaluées à chaque pas de temps. Soit $patients(a)$ les patients d'une action a . $\forall i \in patients(a)$ on note $R^+(a, i, t)$ et $R^-(a, i, t)$ l'ensemble des ressources respectivement gagnées et perdues au temps t pour i après la réalisation de l'action a , $AC(t)$ l'ensemble des actions en cours de réalisation au temps t , et $AR(t)$ l'ensemble des actions dont

la réalisation s'est terminée au temps t . Une action interrompue n'est pas considérée comme une action réalisée.

Pile des ressources souhaitées $RS_i(t)$. Une ressource est souhaitée par un agent lorsque le degré de manque de l'agent pour la ressource est > 0 . Elle n'est plus souhaitée lorsqu'il est égal à 0.

- Ajout : $\forall r \in R$, si $(\mu_i^r(t) > 0 \text{ et } r \notin RS_i(t))$, alors $RS_i(t) \leftarrow RS_i(t) \cup r$
- Suppression : $\forall r \in RS_i(t)$, si $\mu_i^r(t) = 0$ alors $RS_i(t) \leftarrow RS_i(t) - r$

Pile des ressources acquises $RA_i(t)$. Une ressource est acquise par un agent i lorsqu'une action ayant pour effet de faire gagner la ressource à l'agent a été réalisée. Elle n'est plus acquise lorsqu'une action ayant pour effet de faire perdre la ressource à l'agent a été réalisée.

- Ajout et suppression : $\forall a \in AR(t)$, $\forall i \in patients(a)$, $RA_i(t) \leftarrow RA_i(t) \cup R^+(a, i, t) - R^-(a, i, t)$

Pile des ressources menacées $R_menacees_i$. Une ressource d'un agent i est menacée s'il y a une action en cours ayant pour effet de faire perdre la ressource à i . Elle n'est plus menacée lorsqu'elle est effectivement perdue, ou lorsqu'il y n'y a plus d'action en cours menaçant cette ressource.

- Ajout : $\forall a \in AC(t)$, $\forall i \in patients(a)$, $RM_i(t) \leftarrow RM_i(t) \cup R^-(a, i, t)$
- Suppression : (i) $\forall a \in AR(t)$, $\forall r \in R^-(a, i, t)$, si $r \in RM_i(t)$ alors $RM_i(t) \leftarrow RM_i(t) - r$ (ii) $\forall r \in RM_i(t)$, si $r \notin \bigcup_{a \in AC(t)} R^-(a, i, t)$ alors $RM_i(t) \leftarrow RM_i(t) - r$.

Pile des ressources perdues $R_perdues_i$. Si une action réalisée a pour effet de faire perdre une ressource r à un agent i alors r est ajoutée à $RP_i(t)$. Si une action réalisée a pour effet de faire gagner une ressource r à i et que $r \in RP_i(t)$, alors r est supprimée de $RP_i(t)$.

- Ajout : $\forall a \in AR(t)$, $\forall i \in patients(a)$, $RP_i(t) \leftarrow RP_i(t) \cup R^-(a, i, t)$
- Suppression : $\forall a \in AR(t)$, $\forall i \in patients(a)$, $RP_i(t) \leftarrow RP_i(t) - R^+(a, i, t)$

$\forall r \in RP_i(t)$, $p(r)$ est la durée de persistance pendant laquelle l'agent i garde en mémoire la

perte de cette ressource. Si la durée de la persistance est dépassée, r est supprimée de la pile. Si la perte d'une ressource r a provoqué un coût maximum pour i elle n'est jamais retirée de la pile des ressources perdues, c'est à dire que $p(r) = +\infty$, à moins qu'elle ne soit acquise à nouveau. Les ressources contenues par $RP_i(t)$ ont une influence sur le bien-être de l'agent (voir 5.3).

5.2 Activation des actions

Chaque ressource r est associée à un ensemble d'actions réalisables pour l'obtenir, et un ensemble d'actions réalisables pour la protéger. Soit $A_i(t)$ les actions activées de i , c'est à dire les actions pouvant être réalisées par l'agent i au temps t . On définit A_r^+ et A_r^- les ensembles d'actions ayant respectivement pour effet l'acquisition et la protection de r par l'agent qui réalise l'action.

$$A_i(t) = \bigcup_{r \in RS_i(t)} A_r^+ \cup \bigcup_{r \in RM_i(t)} A_r^-.$$

L'agent peut donc réaliser des actions d'acquisition vis à vis des ressources qu'il souhaite et des actions de protection vis à vis de ses ressources menacées. Les actions contenues dans $A_i(t)$ sont concurrentes. On peut désactiver certaines actions chez un agent pour le priver de la possibilité de réaliser l'action, par exemple s'enfuir du restaurant sans payer. Une action désactivée ne fait jamais partie de $A_i(t)$.

5.3 Biais appliqués aux revenus d'une ressource

Par défaut, tout agent i connaît les effets d'une action $a \in A_i(t)$ pour tout $j \in patients(a)$, c'est à dire les ressources gagnées $R^+(a, j, t)$, les ressources perdues $R^-(a, j, t)$ et les ressources protégées $R^\sim(a, j, t)$ de l'agent j (avec $i \subset j$). Il connaît donc aussi $\forall j \in patients(a)$, les revenus de j consécutifs à chaque action $a \in A_i(t)$. Soit $Revenus(a, j)$ l'ensemble des revenus anticipés par i qui seraient obtenus par j suite à la réalisation de l'action $a \in A_i(t)$. Certains paramètres affectifs de l'agent i peuvent supprimer ou amplifier des revenus de coût ou de récompense dans $Revenus(a, j)$. Si un revenu est supprimé i ne pourra pas en tenir compte dans la sélection de son action.

Optimiste/Pessimiste. Soit un agent i , on note : $optimisme_i(t) =$

$\{optimiste, neutre, pessimiste\}$ son état d'optimisme, fixe ou variable aléatoirement au cours du temps. Si $optimisme_i(t) = optimiste$: $\forall r \in Revenus(a, j)$, si $r < 0$ alors $Revenus(a, j) \leftarrow Revenus(a, j) - r$, c'est à dire que tout revenu de coût est supprimé. Si $optimisme_i(t) = pessimiste$: $\forall r \in Revenus(a, j)$, si $r > 0$ alors $Revenus(a, j) \leftarrow Revenus(a, j) - r$, c'est à dire que tout revenu de récompense est supprimé.

Bien-être. L'état de bien-être d'un agent i noté $BE_i(t) \in \{mauvais, neutre, bon\}$, avec $mauvais < neutre < bon$, influence sa sensibilité à la récompense. Si l'état de bien-être d'un agent est mauvais, les récompenses qu'il peut obtenir sont amplifiées. Un être humain dans un état de dépression peut en effet chercher à améliorer son humeur en acquérant des ressources qui vont lui procurer un signal positif [FC96]. La variable de bien-être d'un agent est déterminée en fonction de trois autres valeurs de bien être dépendantes des piles de ressources de l'agent :

- $BE_{RS_i(t)} : \forall r \in RS_i(t)$ si $\exists \mu_i^r(t) = max(DV)$, c'est à dire si un état de manque de l'agent est à sa valeur maximum, alors $BE_{RS_i(t)} \leftarrow mauvais$. Soit un seuil $s \in DV \setminus max(DV)$, si $\forall r \in RS_i(t)$, $\mu_i^r(t) \leq s$, aucun degré de manque ne dépasse le seuil s , alors $BE_{RS_i(t)} \leftarrow bon$. Dans les autres cas, $BE_{RS_i(t)} \leftarrow neutre$.
- $BE_{RM_i(t)} : si RM_i(t) \neq \{\emptyset\}$, alors $BE_{RM_i(t)} \leftarrow mauvais$, sinon $BE_{RM_i(t)} \leftarrow bon$.
- $BE_{RP_i(t)} : si une ressource $r \in RP_i(t)$ a engendré un coût maximum pour i lors de sa perte alors $BE_{RP_i(t)} \leftarrow mauvais$. Si $RP_i(t) = \{\emptyset\}$, alors $BE_{RP_i(t)} \leftarrow bon$. Dans les autres cas, $BE_{RP_i(t)} \leftarrow neutre$$

Si $optimisme_i = optimiste$ alors $BE_i(t) \leftarrow Max\{BE_{RS_i(t)}, BE_{RM_i(t)}, BE_{RP_i(t)}\}$.
 sinon $BE_i(t) \leftarrow Min\{BE_{RS_i(t)}, BE_{RM_i(t)}, BE_{RP_i(t)}\}$.
 Si $BE_i(t) = mauvais$, toutes les récompenses que i peut obtenir sont majorées par un coefficient $\alpha_{BE} > 1$. $\forall r \in Revenus(a, j)$, si $r > 0$ alors $r \leftarrow r * \alpha_{BE}$.

Excitation. L'excitation d'un agent i au temps t est notée $excitation_i(t) \in \{active, inactive\}$. Soit h un horizon de temps, et $d(r)$ la date à la-

quelle un revenu r est obtenu. Si $d(r) < h$, r est considéré comme un revenu un court terme, et si $d(r) \geq h$, r est considéré comme un revenu à long terme. Une excitation active supprime les revenus à long terme. Si $excitation_i(t) = active$, alors $\forall r \in Revenus(a, j)$, si $d(r) \geq h$ alors $Revenus(a, j) \leftarrow Revenus(a, j) - r$.

$excitation_i(t)$ devient *active* lorsque l'agent anticipe ou reçoit un revenu maximum. Après un certain temps déterminé par une constante c , $excitation_i(t)$ devient à nouveau inactive. Cela signifie qu'après avoir été activée, l'excitation peut encore avoir un effet sur le choix des actions de l'agent pendant un certain temps même si ces actions n'ont pas pour conséquence d'activer l'excitation.

Egoïsme/Altruisme. Les revenus de l'agent i sont associés à un coefficient α_{ego^i} , et les revenus des autres agents à un coefficient α_{alti} . Ce coefficient représente l'importance que i accorde à ses propres revenus et aux revenus des autres agents patients de son action. Ces coefficients sont utilisés dans la sélection de l'action. Par exemple si $\alpha_{alti} = 0$, i n'accorde aucune importance aux revenus des autres agents.

5.4 Sélection de l'action

Soit un agent i , $A_i(t)$ son ensemble d'actions actives, et $p(a)$ les patients d'une action a . $\forall a \in A_i(t)$, $\forall j \in p(a)$, $E(a, j, t')$ contient les effets de l'action, c'est à dire les ressources acquises, perdues et protégées de j au temps t' suite à la réalisation de l'action a par i . $\forall e \in E(a, j, t')$, on note $r(e, j, t')$ le revenu consécutif à l'effet. Nous calculons $\forall a \in A_i(t)$ l'utilité de l'action a dont la réalisation peut commencer au temps $t + 1$ que nous notons $u(a, i, t + 1)$:

$$u(a, i, t + 1) = \left(\alpha_{alti} * \sum_{j \in p(a)} \sum_{e \in E(a, j, t)} r(e, j, t) \right) + \left(\alpha_{ego^i} * \sum_{e \in E(a, i, t)} r(e, i, t) \right)$$

L'utilité d'une ressource $r \in \{RS_i(t) \cup RM_i(t)\}$ est égale à l'utilité maximum de son ensemble d'actions A_r . $A_r = A_r^+$ si $r \in RS_i(t)$, et $A_r = A_r^-$ si $r \in RM_i(t)$. Nous définissons l'utilité de la ressource r :

$$u(r) = Max_{a \in A_r} \{u(a, i, t + 1)\}.$$

Les ressources sont classées dans les piles par utilité décroissante, avec l'utilité maximum en tête de pile. Lorsqu'un agent i parcourt une pile, l'action réalisée par i au temps $t + 1$ est la première action a qui vérifie $u(a, i, t + 1) > 0$ et $u(a, i, t + 1) = \text{Max}_{a' \in A_r} \{u(a', i, t + 1)\}$. Si pour une ressource r il existe plusieurs actions $\in A_r$ d'utilité maximum, alors une action d'utilité maximum est choisie aléatoirement parmi A_r . Une utilité < 0 étant un coût, s'il n'existe pas d'utilité positive l'agent ne réalise pas d'action. Le parcours de la pile $RM_i(t)$ est prioritaire par rapport à la pile $RS_i(t)$, un agent cherchant toujours à protéger ses ressources avant d'en acquérir d'autres.

6 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article une architecture dont l'objectif est de permettre la génération de comportements affectifs chez des agents virtuels dans un environnement réaliste. Nous espérons que ce modèle permettra à un observateur humain de catégoriser les comportements des agents en émotions, alors même que ces catégories ne sont pas des composants du modèle. Si notre hypothèse se vérifie, nous disposerons d'un modèle généralisable et facilement adaptable à un grand nombre d'environnements peuplé par des agents virtuels. Les utilités des actions ont une valeur fonctionnelle qui dépend des propriétés des ressources et des souhaits de l'agent, elles ne sont pas fixées arbitrairement à la main. Secondairement, une validation de ce modèle permettrait d'apporter un soutien en faveur des théories psychologiques de L.F. Barrett et S.E. Hobföll.

Cet article est issu d'un travail préliminaire en cours d'implémentation dont l'architecture de base sera complétée ou modifiée après la première procédure d'évaluation. Nous comptons introduire ultérieurement la notion de mémoire d'un agent et utiliser une méthode d'apprentissage par renforcement qui déterminera son attraction ou sa répulsion pour certaines ressources. La persévérance d'un agent face à l'échec dans l'acquisition d'une ressource, et son niveau de frustration face à un blocage seront également intégrés. Certaines procédures pour le moment simplifiées nécessiteront sûrement des améliorations comme la visibilité des paramètres de décision, et le calcul des coûts et des récompenses qui devraient prendre un compte la notion d'effort. Nous introduirons également des dimensions sociales comme l'at-

tachement, et nous étendrons notre échelle au niveau du groupe et de la foule. Enfin une typologie rigoureuse des ressources et des types de comportements qui leur sont associés sera spécifiée.

Références

- [Bar06] L.F. Barrett. Solving the emotion paradox : Categorization and the experience of emotion. *Personality and social psychology review*, 10(1) :20, 2006.
- [Ekm99] P. Ekman. Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, pages 45–60, 1999.
- [FC96] R.J. Faber and G.A. Christenson. In the mood to buy : Differences in the mood states experienced by compulsive buyers and other consumers. *Psychology and Marketing*, 13(8) :803–819, 1996.
- [Hob89] S.E. Hobföll. Conservation of resources. *American Psychologist*, 44(3) :513–524, 1989.
- [Lev92] R.W. Levenson. Autonomic nervous system differences among emotions. *Psychological Science*, pages 23–27, 1992.
- [OT90] A. Ortony and T.J. Turner. What's basic about basic emotions. *Psychological review*, 97(3) :315–331, 1990.
- [Rus03] J.A. Russell. Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological review*, 110(1) :145–172, 2003.
- [Sch99] K.R. Scherer. Appraisal theory. *Handbook of cognition and emotion*, pages 637–663, 1999.
- [TK86] J.W. Thibaut and H.H. Kelley. *The social psychology of groups*. Transaction Publishers, 1986.
- [Tom62] S. Tomkins. *Affect Imagery Consciousness-Volume I the Positive Affects*. Springer Pub Co, 1962.
- [Tom63] S. Tomkins. *Affect imagery consciousness : The negative affects*. Springer Pub Co, 1963.