Génération d'un profil dynamique du stress pour l'entraînement à la gestion de situations de crise

Luca Pelissero-Witoslawski, Domitile Lourdeaux, Dominique Lenne

▶ **To cite this version:**

Luca Pelissero-Witoslawski, Domitile Lourdeaux, Dominique Lenne. Génération d'un profil dynamique du stress pour l'entraînement à la gestion de situations de crise. 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2021), Marie Lefevre, Christine Michel, Jun 2021, Fribourg, Suisse. pp.178-189. hal-03292855

HAL Id: hal-03292855
https://hal.science/hal-03292855

Submitted on 23 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Génération d'un profil dynamique du stress pour l'entraînement à la gestion de situations de crise

Luca Pelissero-Witoslawski, Domitile Lourdeaux et Dominique Lenne

Alliance Sorbonne Université, Université de technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc UMR 7253 57 avenue de Landshut – 60203 Compiègne Cedex, France
luca.pelissero-witoslawski@hds.utc.fr;domitile.lourdeaux@hds.utc.fr; dominique.lenne@hds.utc.fr

Résumé. Nos travaux portent sur l'entraînement à la gestion de situations stressantes en environnement virtuel. Nous faisons l'hypothèse que l'apprenant peut améliorer la gestion de ces situations en étant confronté à une grande variété de situations. Nous souhaitons générer des situations personnalisées mettant en jeu différents stresseurs. Nous nous intéressons pour cela à la représentation et au diagnostic des capacités de l'apprenant à faire face à ces stresseurs. Le diagnostic d'un profil de stress est réalisé à partir de capteurs de stress qui fournissent des mesures entachées d'incertitudes. Par ailleurs, les situations que nous générons sont des situations complexes mettant en jeu des stresseurs pouvant influencer différemment chaque apprenant. Le diagnostic est donc empreint de nombreuses incertitudes. Pour prendre en compte ces incertitudes, nous nous appuyons sur le modèle des croyances transférables, et nous proposons de représenter les stresseurs sous forme d'une taxonomie paramétrable par le formateur afin de lui permettre d'explorer différents niveaux de granularité.

Mots-clé: Stress · Profil · Fonctions de croyance · Génération dynamique · Scénario

Abstract.
Our work focuses on improving the management of stressful situations using virtual environments. We hypothesize that learners can improve how they deal with these situations by being confronted with a wide variety of scenarios. We want to create customized situations using different stressors. Which is why we are interested in the representation and diagnosis of the learner's ability to cope with said stressors. The diagnosis of a stress profil is carried out using stress sensors which provide measurements. However these measurement aren't quite spotless and uncertainties are present. Moreover, the situations we generate are complex and involve stressors that can impact each learner differently. Hence, the diagnosis is also impacted by many uncertainties. In order to take these uncertainties into account, we rely on the transferable belief model, and we came up with stressors depicted in the form of a taxonomy that can be configured by the trainer. This will allow him to explore different levels of granularity.

Keywords: Stress · Profile · Belief functions · Dynamic generation · Scenario

1 Introduction

Les entraînements en environnement virtuel permettent la mise en place de situations complexes qu'il serait difficile de reproduire dans le cadre d'un entraînement classique, comme les situations de crise (attaque terroriste, situation de conflit armé, catastrophe naturelle). De plus, la réalité virtuelle pour l'entraînement permet de confronter l'apprenant à une grande diversité de situations.

Les situations de crise sont particulièrement stressantes pour les personnes devant oeuvrer dans des conditions réelles similaires. Nous faisons l'hypothèse que multiplier les confrontations à des situations de plus en plus complexes et/ou stressantes permettrait aux apprenants de mieux réguler leur stress.

Cependant, chaque personne est unique. Une situation de développement potentiel pour un apprenant pourrait se révéler être une situation difficilement surmontable pour un autre, le mettant par conséquent en échec. De la même manière, toutes les personnes ne sont pas stressées par les mêmes stimuli.

Nous proposons un système permettant de définir un profil dynamique et personnalisé pour chaque apprenant. Ce profil, reflétant les capacités de l'apprenant à gérer des éléments stressants, est généré grâce à des données issues de capteurs physiologiques. Cependant, ces données sont empreintes d'incertitudes. En plus de l'incertitude liée aux erreurs potentielles de mesure, les signaux analysables en temps réel permettant de connaître l'état de stress d'une personne sont influencés par de nombreux facteurs, phénomènes ou actions que l'on retrouve fréquemment lors de l'utilisation d'un casque de réalité virtuelle (fatigue, mouvement, mal du simulateur, etc.). Il est également difficile d'isoler le facteur à l'origine de ce stress, les causes pouvant même se révéler être multiples. C'est pourquoi ce système s'appuie sur la théorie des croyances transférables ainsi que sur un modèle de connaissances pour permettre d'effectuer des raisonnements sémantiques dans l'incertain.

À cela s'ajoutent des besoins spécifiques de travailler à différents niveaux de granularité pour chaque formateur, et de prendre en compte leurs différentes stratégies pour explorer et travailler des compétences, ce que notre système propose au travers d'un transfert de croyance entre ces différents niveaux.

Ce profil est utilisé conjointement à un planificateur dynamique s'appuyant sur des théories narratives pour générer des situations d'entraînements personnalisés. Le profil est utilisé pour déterminer quels stresseurs seront joués dans l'environnement virtuel. Nous nous plaçons alors dans le cadre du courant constructiviste.

Ces scénarios devant être adaptés à chaque apprenant, il est important de pouvoir modifier dynamiquement les situations que nous lui présentons lors d'une session d'entraînement. Nous souhaitons par ce procédé diagnostiquer les effets d'une situation proposée durant son exécution, mais également pour les futures sessions. Nous nous intéressons donc à une adaptation du scénario aussi bien au niveau microscénaristique que mésoscénaristique.

2 Stress et apprentissage

2.1 Définition du stress

Le stress fait l'objet de nombreuses études. Hans Selye décrit le stress comme "l'ensemble des modifications qui permettent à un organisme de supporter les conséquences d'un traumatisme naturel ou opératoire." [9]. Ses recherches le conduisent également à définir la notion d'*eustress*, signifiant "bon stress". Selon sa théorie, l'eustress serait à l'origine d'un sentiment de satisfaction et de bien-être. En opposition, il décrit également l'existence d'un mauvais stress.

Ces notions de bon stress et de mauvais stress seront reprises quelques années plus tard par Susan Folkman et Richard Lazarus. Selon leur définition (Définition 1.), cette transaction est mesurable par une estimation de l'effet produit par un événement sur l'individu ainsi que par la façon dont l'individu va faire face à cette situation mettant en danger son bien-être. Ces situations seront qualifiées de situations stressantes.

Définition 1. *Le stress est "une transaction particulière entre un individu et une situation dans laquelle celle-ci est évaluée comme débordant ses ressources et pouvant mettre en danger son bien-être.", [4]*

Ce "faire-face" est une notion importante dans le travail des deux chercheurs. Ils la décrivent comme un mélange entre deux mécanismes distincts, l'un comportemental et l'autre cognitif. Ils développeront cette notion et la nommeront *coping* (voir Définition 2.)

Définition 2. *Le coping est "l'ensemble des efforts déployés volontairement par un individu pour faire face à une situation qu'il évalue comme stressante, impliquant que cette situation est perçue comme difficile à surmonter et menaçante pour son bien-être.", [4]*

De plus, Lazarus fait le lien entre stress et émotion, et va ainsi montrer qu'un état émotionnel positif facilite les capacités de prise de décisions, même les plus complexes, et permet d'augmenter la capacité d'assimilation de l'information. Le stress est donc un élément essentiel dans les capacités d'assimilation et d'apprentissage d'une personne.

2.2 Apprentissage en situation stressante

Comme avancé par Selye puis par Lazarus, le stress et l'apprentissage sont étroitement liés. Le cortisol engendré par le stress a un impact multiple sur les différentes phases de l'apprentissage et sur le fonctionnement de la mémoire [6]. Un taux moyen de cortisol est bénéfique pour l'apprentissage, augmentant les facultés de mémorisation. Cependant, si ce taux est trop important, le cortisol va avoir un effet néfaste sur les capacités de l'apprenant durant les trois étapes fondamentales de la mémorisation : l'étape d'encodage, l'étape de consolidation et l'étape de remémoration. Cette dernière est l'étape sollicitée lors

de la réalisation d'un entraînement, et celle qui nous intéresse particulièrement dans nos travaux.

Un contrôle sur le stress d'un individu pourrait lui permettre d'atteindre un état d'apprentissage optimal. C'est pourquoi dans le cadre d'entraînements en environnement virtuel, et plus particulièrement en situation stressante, il est important de ne pas engendrer un stress trop important, qui aurait un effet non désiré sur l'apprentissage de l'apprenant, mais qui pourrait aussi avoir un effet sur sa santé.

3 Contribution

Nous avons élaboré un système permettant de générer dynamiquement un profil du stress d'un apprenant, dans le but d'être utilisé dans le cadre de l'entraînement à la gestion du stress en situation de crise grâce à l'utilisation conjointe d'un second système de scénarisation dynamique et adaptatif. Ce profil est établi à partir de données physiologiques issues de capteurs et construit selon une taxonomie de stresseurs.

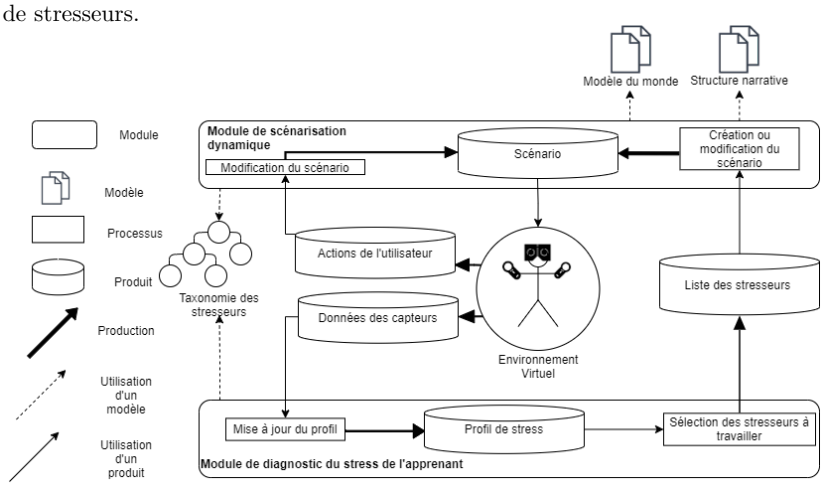

Fig. 1. Architecture générale des systèmes de diagnostic du stress et de scénarisation dynamique

3.1 Données

Afin d'établir le profil, le système a besoin d'une source d'informations sur les réactions physiques de l'utilisateur lorsque celui-ci est soumis à un stresseur. Il existe de nombreux signaux analysables. Cependant, le système doit répondre à des contraintes fortes en terme de vitesse d'exécution, et doit opérer l'ensemble de ses actions en moins d'une seconde, valeur correspondant au temps interactif.

Nous devons également exclure les capteurs qui seraient difficilement utilisables avec un casque de réalité virtuelle.

Deux capteurs répondent à nos critères. Ils nous permettent d'obtenir respectivement des informations sur l'activité électrodermale (EDA) et sur l'activité électrique du cœur (ECG) [8], tous deux variant lors de l'exposition à un stresseur et régis par le système nerveux sympathique. L'analyse de la variation du potentiel électrique, de la résistance électrique ainsi que de la variabilité de la fréquence cardiaque nous permet dès lors de quantifier pour un individu la façon dont son corps va répondre à un élément stressant. Nous considérons que moins la réponse au stimulus est importante, plus l'apprenant a réussi à faire face à la situation stressante.

Les signaux issus de l'analyse des EDA et des ECG peuvent être parasités par d'autres stimuli que des stresseurs. Par exemple, l'activité physique du corps entraîne une hausse de l'activité cardiaque et électrodermale. Le phénomène du mal du simulateur, trouble se manifestant lors d'une situation présentant une discordance entre le système vestibulaire et la perception visuelle, peut également agir sur les signaux que nous analysons. Ces problèmes, très fréquents lors de l'utilisation d'un dispositif de réalité virtuelle, créent de l'incertitude dans nos mesures. De plus, les capteurs peuvent produire des erreurs de mesure, selon un taux d'erreur que nous devons prendre en compte. C'est pourquoi nous avons recours à la fusion de données multi-capteurs afin d'améliorer la fiabilité de nos données.

D'autres problèmes peuvent se poser lors du diagnostic de l'apprenant au cours du temps et des différents entraînements auxquels il prend part. Il est notamment possible que les analyses de données soient totalement contradictoires entre plusieurs entraînements. Il est également possible que l'analyse des données soit différentes entre deux entraînements présentant un scénario identique. La mesure en temps interactif du stress est encore à ce jour un problème de recherche. Chaque personne ayant des signaux physiologiques différents, il n'existe pas de seuil universel permettant de définir l'état de stress. La durée de réponse à un stimulus est également variable entre les personnes, et le temps pour retrouver un niveau basal dans les signaux que nous analysons peut être assez long. Toutes ces contraintes apportent de l'incertitude supplémentaire à nos mesures.

Enfin, il est difficilement envisageable qu'un apprenant puisse réaliser un entraînement sur chaque situation qu'il est possible de voir. Nous devons donc également prendre en compte dans la réalisation de notre diagnostic ce manque d'informations existant sur les situations qui ne seront jamais explorées.

Pour prendre en compte ces problèmes lors de notre diagnostic, nous devons utiliser un modèle mathématique permettant de caractériser la connaissance issue de l'analyse des données en provenance de plusieurs sources d'informations, tout en permettant de matérialiser des incertitudes ainsi que des contradictions et le manque d'informations.

3.2 Modélisation de croyances incertaines

Nous avons examiné plusieurs théories dans la littérature permettant de modéliser des croyances empreintes d'incertitudes : théorie des ensembles; théorie des ensembles flous [14]; théorie des possibilités [15 3]; théorie des réseaux bayésiens [7]; théorie des fonctions de croyance [10]; théorie des croyances transférables [11].

Notre choix s'est porté sur la théorie des croyances transférables. Cette théorie englobe l'ensemble des autres théories que nous avons énumérées, et permet également de représenter des conflits entre deux sources d'informations contradictoires, ainsi que le manque de connaissance. Ce cadre formel propose également des outils afin de fusionner des informations de plusieurs sources, ainsi que des outils permettant d'effectuer des inférences sur les valeurs d'une variable présentant un manque de connaissance (Voir 3.4 Profil).

3.3 Représentation des stresseurs

Dougall et Baum [2] proposent un modèle permettant de catégoriser des stresseurs, représentables sous forme de taxonomie. Selon cette catégorisation, ces stresseurs peuvent être organisationnels (propres à un cadre ou une activité) ou aigus (éphémères et soudains, pouvant ne pas être liés à l'individu subissant le stresseur).

Notre objectif étant de confronter l'apprenant à des stresseurs proches de ceux auxquels il sait faire face selon notre système, nous souhaitons utiliser cette taxonomie pour définir des distances sémantiques entre les stresseurs. La prise en main et la modification d'une taxonomie étant aisées, nous mettons l'expert ou le formateur au coeur de l'élaboration de la hiérarchie.

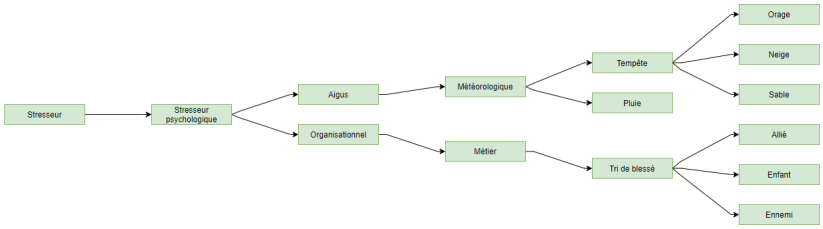

Fig. 2. Représentation taxonomique de stresseurs aigus et métiers

Nous proposons un ordonnancement entre les stresseurs. Nous pourrions intuitivement penser qu'il est plus complexe de faire face à certains stresseurs. Cependant, nous considérons qu'il est impossible de trouver un ordonnancement universel des stresseurs à cause du caractère unique de chaque apprenant.

Exemple 1. Intuitivement, on peut penser que les cris d'un adulte sont moins stressants que les cris d'un enfant. Mais selon le contexte, cette supposition peut être altérée. Les cris d'un adulte pourraient chez un apprenant particulier lui rappeler un épisode traumatisant, engendrant chez lui un stress plus important.

Pour lier les concepts de la taxonomie entre eux, nous instaurons une mesure de similarité sémantique entre deux nœuds. Nous nous appuyons sur la mesure de la similarité sémantique de Wu et Palmer [12], qui a l'avantage de ne s'appuyer que sur la distance entre les nœuds, sans prendre en compte l'information liée aux nœuds. On note $h(X)$ la distance séparant le nœud X de la racine de la taxonomie ($h(racine) = 1$). Soient N et M deux nœuds de la taxonomie. On note P le premier nœud parent commun à N et M ($N \neq M$). On note sim la similarité sémantique entre N et M tel que :

$$sim(N, M) = \frac{2 \times h(P)}{h(N) + h(M)}$$

La similarité sémantique est d'autant plus grande (i.e. plus proche de 1) que les noeuds sont profonds et proche dans la taxonomie. Ainsi, la structure de la taxonomie à une grande importance dès son élaboration, et doit être créée avec la prise en compte du calcul à réaliser. Cette similarité sémantique est utilisée dans la propagation de croyance au sein du profil dynamique de l'apprenant (voir 3.4 Profil).

3.4 Profil

Nous nous intéressons à l'entraînement des compétences métier au travers de situations stressantes. L'un de nos objectifs est de proposer des scénarios d'entraînement personnalisés dans lesquels les situations d'entraînement mettent en jeu des compétences sous conditions de stress. Comme la capacité à gérer le stress est propre à chaque apprenant, notre second objectif est d'étendre progressivement la zone de développement du profil de chaque apprenant, généré par notre système.

Nous pouvons donc assimiler nos objectifs à la représentation et à l'expansion de la Zone Proximale de Développement (ZPD) de Vygotsky (voir Définition 3.).

Définition 3. *"Distance entre le niveau de développement actuel (ZDA), tel qu'on pourrait le déterminer par les capacités de l'enfant à résoudre seul des problèmes, et le niveau de développement potentiel, tel qu'on pourrait le déterminer à travers la résolution de problèmes par cet enfant, lorsqu'il est aidé par des adultes ou collabore avec des pairs initiés.", [13]*

Au travers du profil dynamique du stress, nous souhaitons pouvoir rendre compte du niveau de développement présent des capacités d'un apprenant à faire face à des stresseurs, de son niveau de développement potentiel, mais également pouvoir conseiller au formateur de nouveaux stresseurs à travailler. De plus, nous voulons aussi laisser au formateur un certain contrôle sur le paramétrage des entraînements, ainsi que sur la visualisation du profil de l'apprenant.

Carpentier propose une représentation de la ZPD nommée espace-zpd. Cette représentation s'appuie elle même sur le modèle des croyances transférables [1] afin d'établir un diagnostic de l'apprenant.

Le domaine d'apprentissage est représenté grâce à l'utilisation de classes de situations (voir Définition 4.)

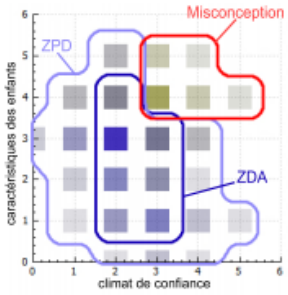

Fig. 3. Représentation de la ZPD selon Carpentier

Définition 4. *Une classe de situations est une "représentation abstraite d'un ensemble de situations présentant des propriétés communes nommées descripteurs. Un descripteur est un élément permettant de décrire un variant".*
On associe à la classe de situations S le vecteur σ tel que :

$$\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, ..., \sigma_n)$$

avec σ_i la valeur correspondante au descripteur i.

Ces descripteurs permettent de différencier les classes de situations entre elles.

En appliquant la théorie des fonctions de croyance, Carpentier associe à chaque classe de situations S_i une distribution de masse de croyance m selon un cadre de discernement Ω représentant l'ensemble des hypothèses qui sont émises sur l'état des compétences de l'apprenant.

Nous proposons d'étendre ce modèle[1] pour diagnostiquer l'évolution de l'apprenant à différents niveaux hiérarchiques de compétence, en parallèle. Ce diagnostic s'appuie en partie sur les données physiologiques issues de nos capteurs. Nous voulons également que le système soit paramétrable selon les besoins du formateur.

Espace-zpd par stresseur

Nous voulons représenter la capacité de l'apprenant à faire face à chaque stresseur qui compose notre taxonomie. L'objectif est de permettre à l'apprenant de travailler ses compétences déjà acquises en lui proposant des situations stressantes les illustrant.

À chaque classe de situations est associée une distribution de masse de croyance $(a(S_i), d(S_i), c(S_i), i(S_i))$. Ces masses sont calculées à partir des données

[1] Voir Calcul des masses de croyances : https://tinyurl.com/dtfebhte

des capteurs physiologiques que l'on utilise ainsi que les observables permettant de déterminer la réussite de la tâche confiée. A l'initialisation, $i(S_i) = 1$ car il n'y a aucune information exploitée, ce qui correspond à une ignorance.

Dans notre représentation de la ZPD sous forme d'espace-zpd, un axe (ou dimension) peut représenter :

- Une compétence métier. Les descripteurs de cet axe correspondent à des variables didactiques ou des habiletés.
- Une feuille de la taxonomie des stresseurs, c'est-à-dire un stresseur. Les descripteurs de cet axe sont les trois niveaux d'intensité possibles d'un stresseur (faible, moyen et intense). Ils sont ordonnés.
- Un nœud de la taxonomie qui n'est pas une feuille, c'est-à-dire un ensemble de stresseurs. Les descripteurs de cet axe sont les enfants du nœud. Ils sont non-ordonnés.

Notre objectif est d'entraîner des compétences métier au travers de situations stressantes.

Chaque espace-zpd contient n dimensions ($n \in N^*$). Une dimension représente soit une compétence métier, soit un stresseur, soit un ensemble de stresseurs. Chaque élément de l'espace-zpd représente une classe de situations, dont la couleur varie en fonction de sa masse de croyance. Il est ainsi possible de représenter autant d'espaces-zpd que de combinaisons possibles de noeuds de notre taxonomie.

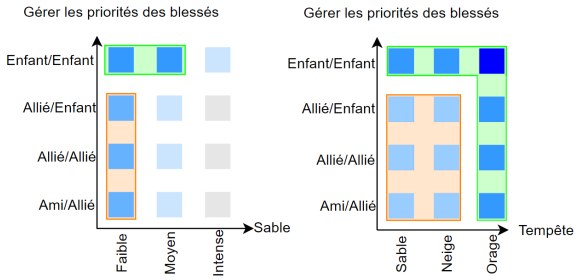

Fig. 4. Exemple d'espace-zpd à deux dimensions généré à partir d'une feuille (Sable) ou d'un nœud non-feuille (Tempête) de la taxonomie et d'une compétence métier.

Ces croyances sur une classe de situations sont par la suite étendues aux autres classes de situations proches, et permettent d'apporter de l'information sur les concepts proches de la taxonomie.

3.5 Maîtriser de nouvelles situations

Le système propose avant chaque session d'entraînement une situation permettant d'étendre la ZDA et la ZPD de l'apprenant.

Pour chaque situation S, si $a(S) > 0.85$ et $d(S) < 0.1$, alors la situation intègre la ZDA de l'apprenant : il maîtrise la situation. Si $a(S) > 0.65$ alors la

situation intègre la ZPD : la compétence est proche d'être acquise, soit d'après des entraînements, soit d'après la propagation des croyances depuis des situations proches. Dans la Figure 4, la ZDA est représentée par la zone verte, tandis que la ZPD est représentée en orange. Le gradient de couleur des classes de situations varie ici en fonction de $a(S)$.

Nous nous intéressons aux algorithmes permettant à notre système de proposer la prochaine situation à mettre en place au sein d'un entraînement.

L'objectif est de maximiser l'expansion de la ZDA (et intrinsèquement de la ZPD) en un minimum d'entraînements.

Nous devons utiliser un algorithme parcourant l'ensemble de nos classes de situations et sélectionnant celle qui est le plus à même de faire l'objet d'un entraînement. Nous avons étudié plusieurs algorithmes de recherches applicable à une structure arborescente répondant à ces besoins et avons retenu les algorithmes suivants[2] : sélection arbitraire dans la ZPD; algorithme glouton; algorithme des k plus proches voisins; algorithme des k plus proches voisins avec critère de maximisation. Leur complexité algorithmique simple et leur capacité à être facilement paramétrable par le formateur ont été les critères sur lesquels nous avons retenu ces algorithmes.

3.6 Filtre

En plus de proposer au formateur plusieurs stratégies de sélection du prochain stresseur sur lequel travailler, nous proposons un système de filtre permettant de réduire l'espace de recherche des algorithmes.

Lorsque le formateur sélectionne un nœud de la taxonomie afin de générer son espace-zpd, le système va automatiquement restreindre l'espace de recherche au sous-ensemble constitué des feuilles ayant pour parent le nœud sélectionné. En d'autres termes, le système restreint la recherche à l'ensemble des stresseurs contenus dans le concept sélectionné. Ainsi, le formateur est capable de contrôler la granularité du système.

4 Exemple d'application

Nous nous plaçons dans le cas des entraînements proposés dans le cadre de VICTEAMS [5], un environnement virtuel pour l'entraînement de leaders d'équipes médicales à des compétences non-techniques en situation de crise.

Dans cet exemple, le formateur souhaite entraîner l'apprenant à des situations stressantes mettant en jeu des tris de blessés en présence de divers stresseurs, selon la taxonomie réduite présentée en Figure 2 qu'il a au préalable filtrée grâce aux outils proposés. Le profil actuel de l'apprenant est tel qu'illustré dans la Figure 4. Nous nous plaçons dans un cas simple où le profil ne comporte pas de conflit.

[2] Voir Algorithmes : https://tinyurl.com/nt4bjr5p

Pour le prochain entraînement, le système détermine la situation permettant d'étendre le plus efficacement la ZDA de l'apprenant. Les algorithmes déterminent que le candidat idéal est la classe de situations correspondant à un tri entre un allié et un ami (noté Am/A) dans un contexte de tempête de sable (noté S) intense (noté I). Cette tempête se caractérise par une diminution du champ de vision dans l'environnement virtuel, l'augmentation de bruits parasites et l'impossibilité de demander une évacuation d'urgence.

Au terme de la session d'entraînement, le système collecte et analyse les données issues des capteurs, ainsi que les observables indiquant la réussite ou l'échec de la tâche. Il détermine une masse de croyance reflétant le résultat de la session qui est propagée au reste des classes de situations. Analysons deux résultats possibles :

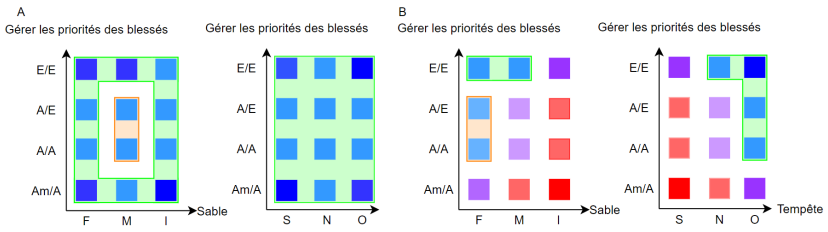

Fig. 5. Illustration des conséquences sur le profil en cas de réussite (A) ou d'échec (B) de l'entraînement à la classe de situations σ = ("Tri Ami/Allié","Tempête de Sable Intense")

- l'entraînement est une réussite (cas A). La classe de situations, ainsi que les classes proches, intègrent la ZDA, grâce à la propagation des croyances.
- l'entraînement est un échec (cas B). La masse de croyance de la classe de situations est mise à jour (en rouge), et sa propagation génère du conflit (en violet) avec les masses déjà existantes. Il faut donc lever ce conflit grâce à de nouveaux entraînements. La ZDA est affectée par ce conflit.

5 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté une approche permettant de générer un profil dynamique du stress d'un apprenant, en nous basant sur des données physiologiques et en utilisant le modèle des Croyances Transférables afin d'émettre des suppositions quant à la maîtrise de situations stressantes variées. Notre approche a l'avantage d'être paramétrable et adaptable par le formateur.

Ce système est couplé à un planificateur ne faisant pas l'objet de cet article, afin de générer des scénarios d'entraînements personnalisés en fonction de chaque profil de stress.

Notre travail est très fortement impacté par la crise sanitaire mondiale actuelle. Nos évaluations requièrent la présence de personnes, ainsi que le port d'un ensemble de capteurs et du port d'un casque de réalité virtuelle. Cet équipement

nécessite en temps normal un protocole sanitaire lourd et strict, et est désormais des plus complexes à mettre en place. Ainsi notre système n'a pu être testé qu'avec des données simulées. Notre contribution fera l'objet d'une évaluation permettant de démontrer la qualité de l'élaboration du profil. Nous voulons également évaluer la capacité de notre système à émettre des croyances correctes sur les capacités d'un apprenant et à proposer un parcours optimal pour étendre sa ZPD en le moins d'entraînements possible.

Remerciements

Ces travaux sont financés par la Région Hauts-de-France et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) 2014/2020 ainsi que le Labex MS2T.

References

1. Carpentier, K., Lourdeaux, D.: Generation of learning situations according to the learner's profile within a virtual environment. In: international conference on agents and artificial intelligence. pp. 245–260. Springer (2013)
2. Dougall, A.L., Baum, A.: Stress, health, and illness. (2012)
3. Dubois, D., Prade, H.: Possibility theory: an approach to computerized processing of uncertainty. Springer Science & Business Media (2012)
4. Lazarus, R.S., Folkman, S.: Stress, appraisal, and coping. Springer publishing company (1984)
5. Lourdeaux, D., Afoutni, Z., Ferrer, M.H., Sabouret, N., Demulier, V., Martin, J.C., Bolot, L., Boccara, V., Lelong, R.: Victeams: a virtual environment to train medical team leaders to interact with virtual subordinates. In: Proceedings of the 19th ACM International Conference on IVA. pp. 241–243 (2019)
6. Marin, M.F., Raymond, C., Lupien, S.J.: Memory and stress. In: Stress: Physiology, Biochemistry, and Pathology, pp. 69–78. Elsevier (2019)
7. Pearl, J.: Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference. Elsevier (2014)
8. Schmidt, P., Reiss, A., Duerichen, R., Marberger, C., Van Laerhoven, K.: Introducing wesad, a multimodal dataset for wearable stress and affect detection. In: Proceedings of the 20th ACM international conference on multimodal interaction. pp. 400–408 (2018)
9. Selye, H.: The stress of life (1956)
10. Shafer, G.: A mathematical theory of evidence, vol. 42. Princeton university press (1976)
11. Smets, P., Kennes, R.: The transferable belief model. Artificial intelligence **66**(2), 191–234 (1994)
12. Tchechmedjiev, A.: State of the art: Local semantic similarity measures and global algorithmes for knowledge-based word sense disambiguation. In: Proceedings of the Joint Conference JEP-TALN-RECITAL 2012, volume 3. pp. 295–308 (2012)
13. Vygotsky, L.S.: Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard university press (1980)
14. Zadeh, L.A.: Fuzzy sets. In: Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh, pp. 394–432. World Scientific (1996)
15. Zadeh, L.A.: Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy sets and systems **1**(1), 3–28 (1978)