

Un réseau bayésien pour le diagnostic des compétences non-techniques en situation critique

Yannick Bourrier^{1,2}, Francis Jambon³, Catherine Garbay² & Vanda Luengo¹

¹Sorbonne Universités, Université Pierre & Marie Curie, LIP6 équipe MOCAH

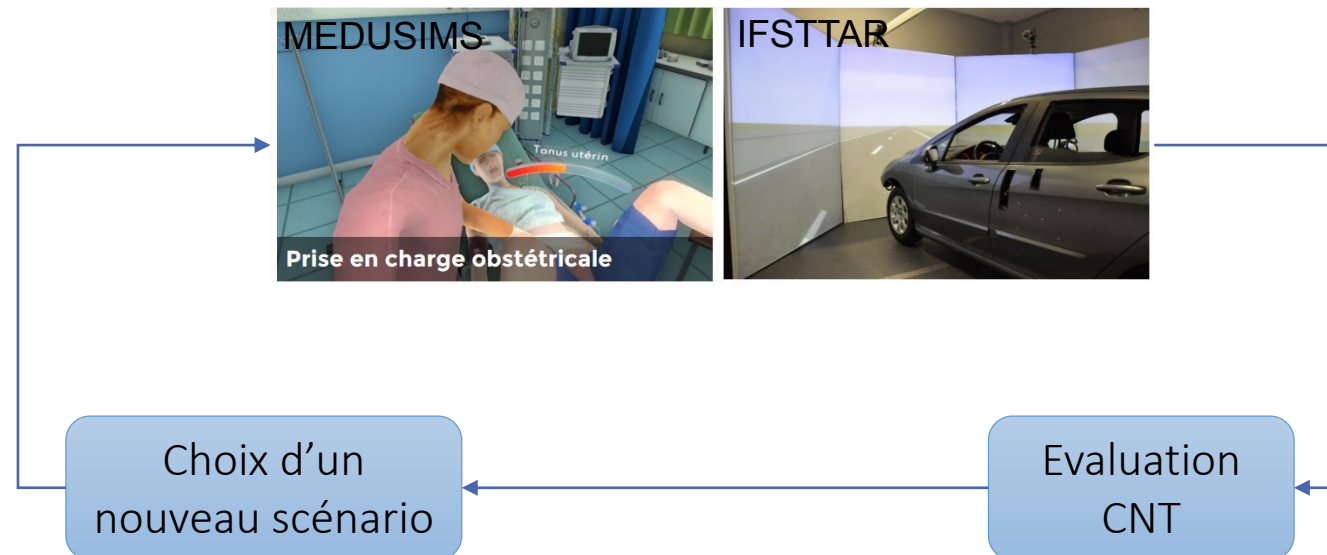
²CNRS, LIG équipe AMA

³Université Grenoble Alpes, LIG



Cadre général

- **Projet MacCoy Critical** : un environnement virtuel pour la formation d'experts aux compétences non-techniques
- **Objectif** : Evaluer les compétences non-techniques d'un apprenant, puis générer dynamiquement des situations critiques adaptées à son niveau
- **Domaines d'application** : la conduite automobile des jeunes conducteurs, et la gestion de cas d'hémorragies post-partum par des sages-femmes



Compétences Non-Techniques (CNT)

- Ensemble de capacités qui complètent les compétences techniques lors d'une activité technique (Flin *et al.*, 2010)
 - Exemples : Prise de décision, conscience de la situation, gestion du stress, travail en équipe...
- Les CNT sont des compétences empiriques, de nature perceptivo-gestuelles
- A l'origine d'un nombre important d'accidents
 - En chirurgie, 70% des erreurs seraient causées par des CNT (Mitchell *et al.*, 2012)
 - Surtout mobilisées en situation critique (Fletcher *et al.*, 2003)

Situations critiques

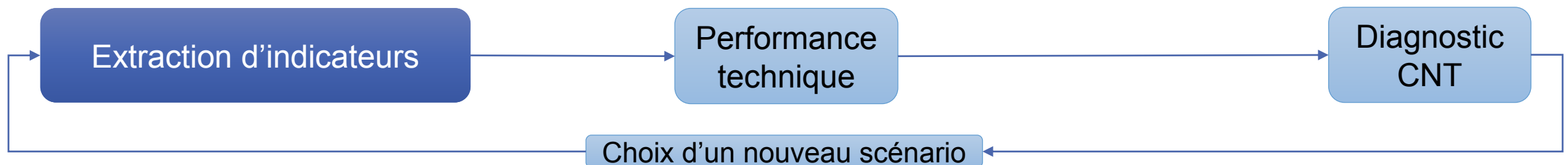
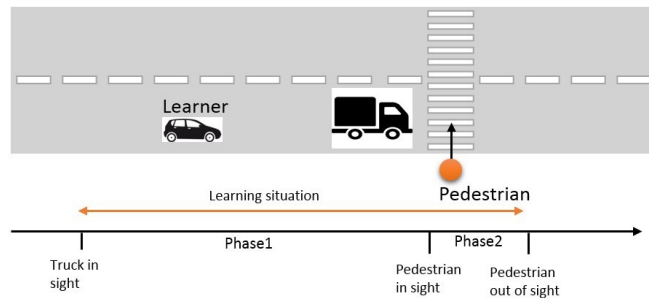
- Définition:
 - Situations rares, difficiles à anticiper, et possédant un degré variable de danger (Merril, 1991)
 - Pas de procédure technique prévue *a priori* pour y faire face (Marchand, 2011)
- Dans le cadre de notre EIAH:
 - Caractérisées par une ou plusieurs dimensions :
 - Dilemme, charge socio-cognitive, ambiguïté, imprévisibilité...
 - Conçues pour mobiliser avant tout les CNT

Verrous scientifiques

- Diagnostic des CNT : domaine mal-défini (Lynch *et al.*, 2006)
 - Points de départ et de fin d'une situation critique d'apprentissage variables
 - Le domaine a un degré faible de caractérisation théorique
 - Peu de marqueurs comportementaux spécifiques à une CNT
 - Les CNT sont difficiles à évaluer, même par des experts du domaine
 - Codétermination entre CT et CNT: la performance technique globale dépend des CT et des CNT
 - Besoin d'une approche spécifique pour déterminer l'influence séparée des CNT sur la performance globale de l'apprenant
- => Réseau bayésien pour le diagnostic des CNT

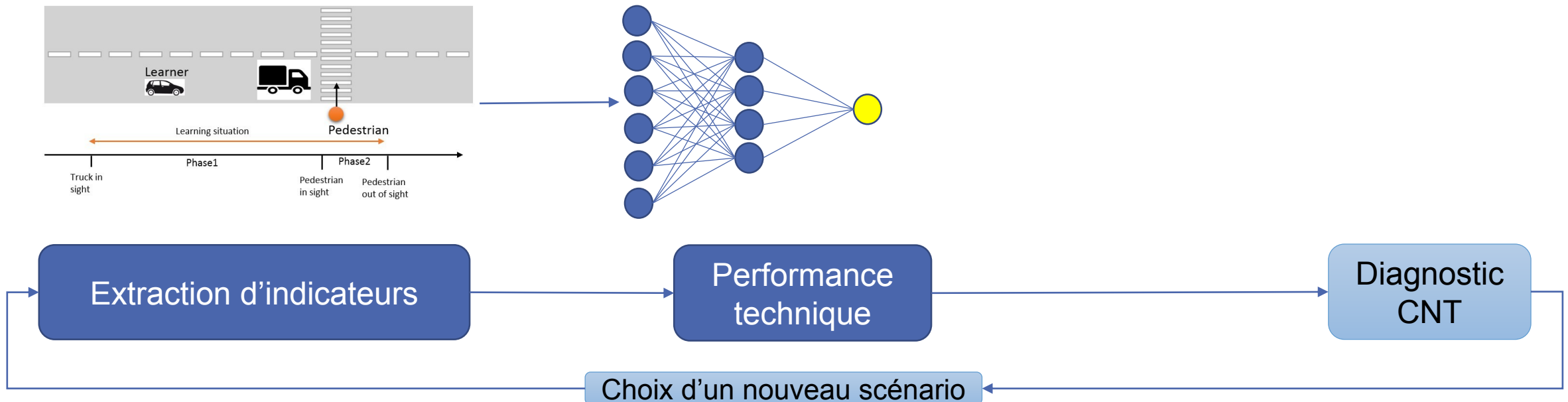
Approche pour le diagnostic des CNT :

- Une architecture hybride (Bourrier *et al.*, 2018):
 - Connaissances du domaine :
 - Déterminent le point de départ et de fin d'une situation critique
 - Séparent une situation critique en phases
 - Permettent l'extraction d'indicateurs à partir des traces de l'apprenant



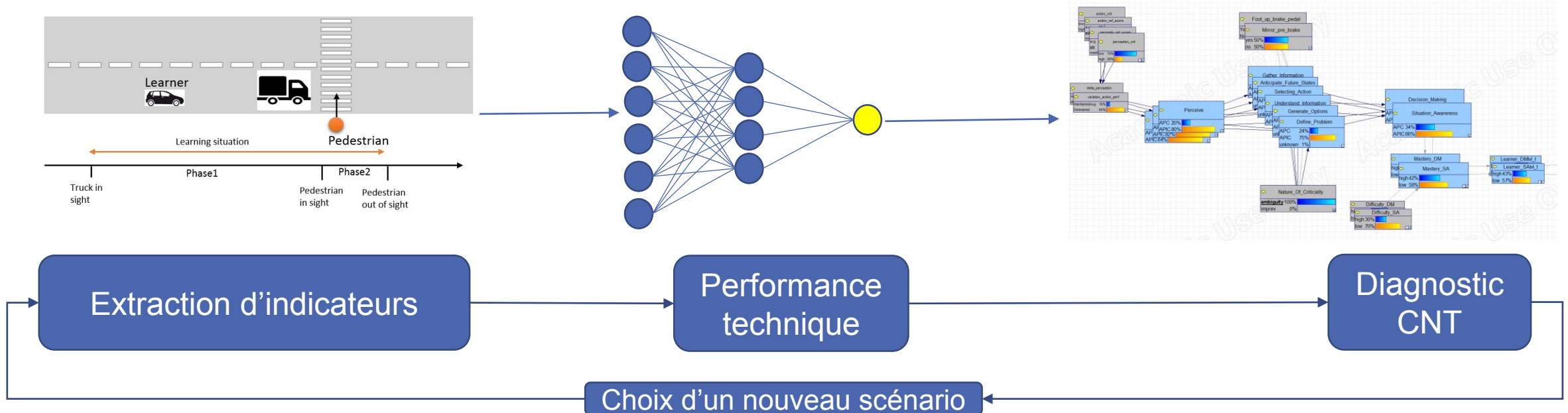
Approche pour le diagnostic des CNT :

- Une architecture hybride (Bourrier *et al.*, 2018):
 - Réseau de neurones pour évaluer la performance technique de l'apprenant
 - L'évaluation est effectuée pour chaque phase, à partir des indicateurs
 - Un « score » de performance technique perceptuelle et gestuelle est obtenu pour chaque phase



Approche pour le diagnostic des CNT :

- Une architecture hybride (Bourrier *et al.*, 2018):
 - Réseau bayésien pour le diagnostic des CNT :
 - Franchit le « gap sémantique » entre performance technique et CNT
 - Intègre au diagnostic les connaissances sur la criticité de la situation
 - Intègre les connaissances a priori sur l'apprenant (diagnostics précédents, profil)



Approche pour le diagnostic des CNT :

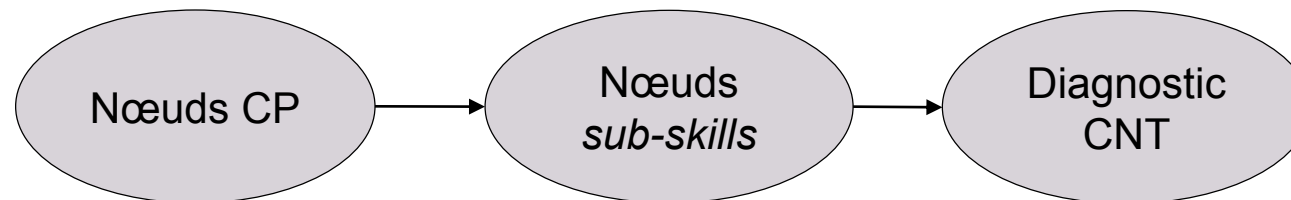
- Intérêts du réseau bayésien:
 - Permet de représenter de manière explicite les CNT d'un apprenant – Important pour produire des rétroactions adaptées.
 - Permet au diagnostic d'être compris et interprété par des experts du domaine
 - Permet d'intégrer une information à différents niveaux du diagnostic CNT.
 - Performance technique à « gros grain »
 - Marqueurs comportementaux « grain fin »
 - Permet le diagnostic des CNT dans le cas d'informations manquantes (la performance technique est toujours présente, mais les marqueurs peuvent être absents).

Le réseau bayésien

- **Structure** : conçue en collaboration avec un psychologue spécialiste des CNT.
- **Paramètres** : définis avec l'aide d'experts du domaine.
- **Dynamicité** : Le réseau est dynamique d'ordre 1.
- **Implémentation actuelle** : Le réseau diagnostique deux CNT (conscience de la situation et prise de décision).

Le réseau bayésien

- **Structure** – Présentation des différents nœuds:
 - Nœuds latents : représentation des compétences de l'apprenant
 - Nœuds comportementaux (CP): Percevoir, Comprendre, Agir
 - Nœuds *sub-skills* : sous processus-cognitifs de CNT (Flin *et al.*, 2008)
 - Nœuds diagnostic CNT : prise de décision, conscience de la situation

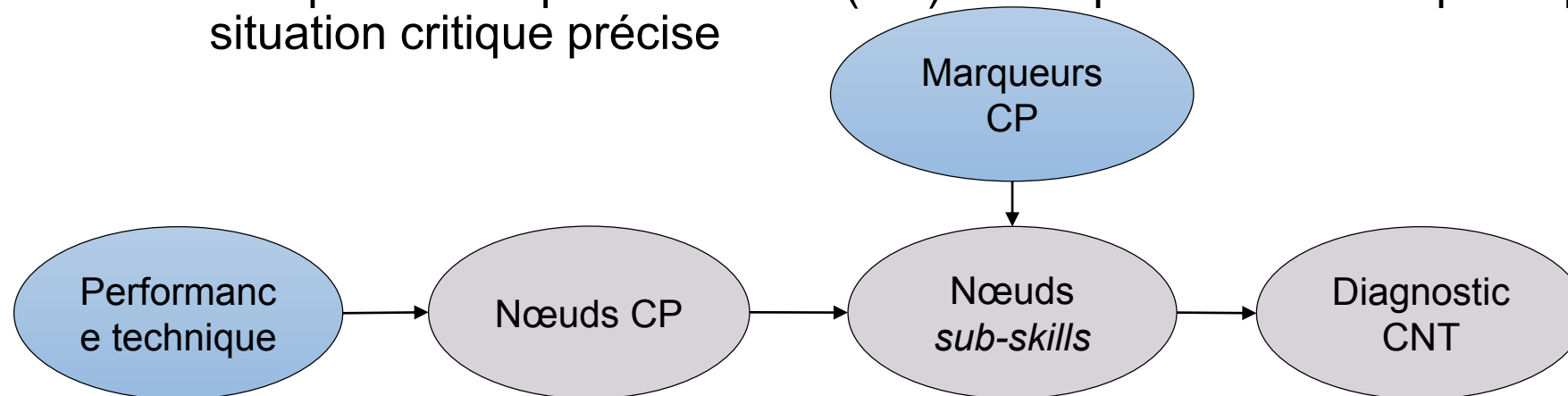


Le réseau bayésien

- **Structure** – Présentation des différents nœuds:

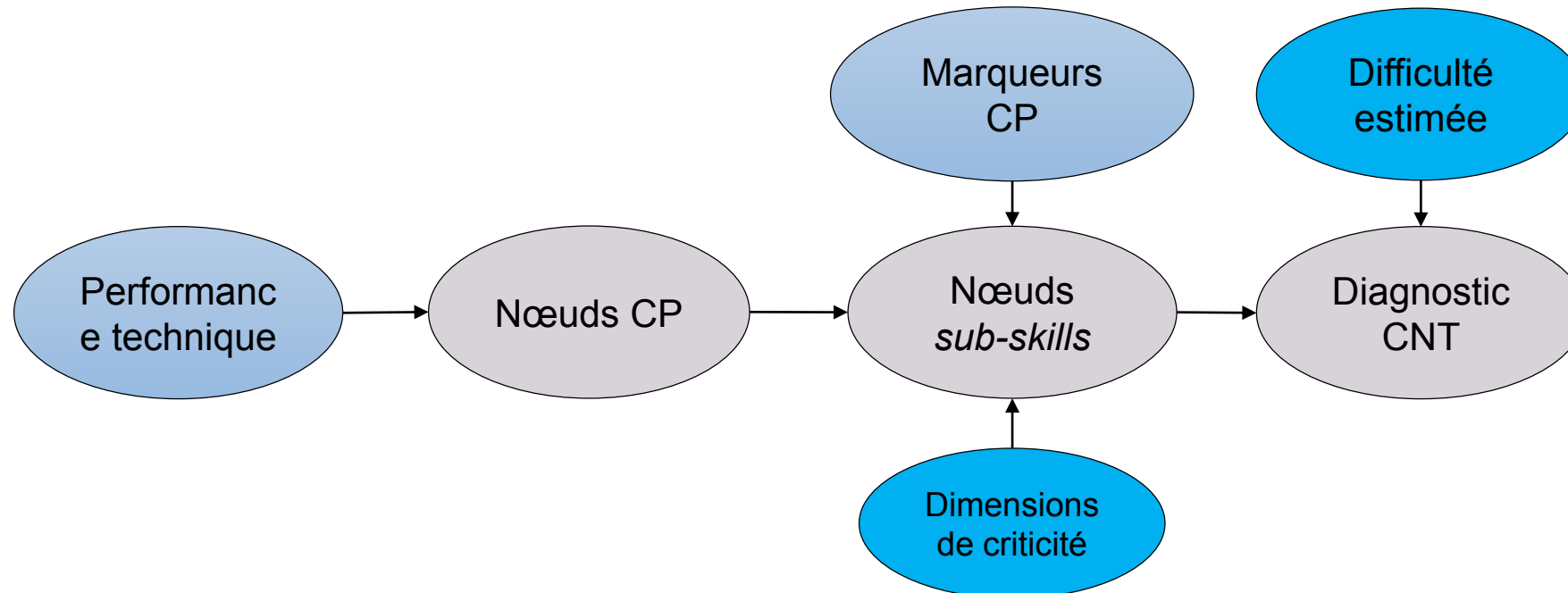
- Nœuds *evidence* : Connaissances sur l'apprenant :

- Performance technique – Performance perceptuelle et gestuelle, issue du réseau de neurones
- Marqueurs comportementaux (CP) – marqueurs de CNT spécifiques à une situation critique précise



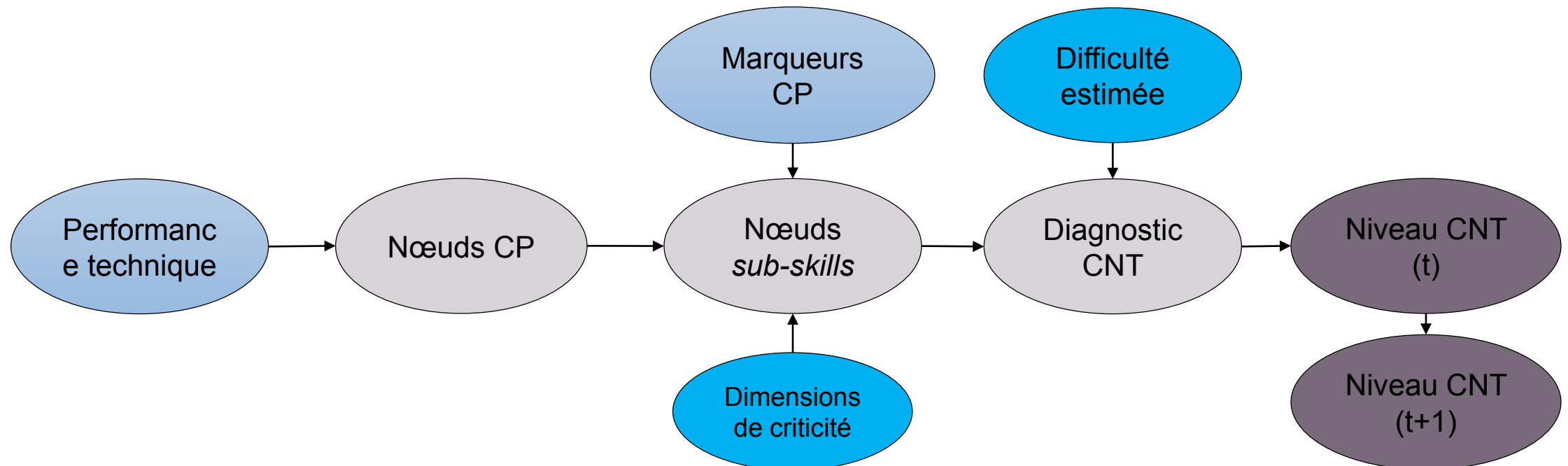
Le réseau bayésien

- **Structure** – Présentation des différents nœuds:
 - Nœuds *evidence* : Connaissances sur la situation
 - Difficulté estimée de la situation critique
 - Dimension de criticité de la situation critique



Le réseau bayésien

- **Structure** – Présentation des différents nœuds:
 - Dimension temporelle
 - Prise en compte des précédents diagnostics pour chaque CNT



Premiers résultats

- Manque de données réelles
 - Les résultats sont obtenus sur la base de données simulées
 - Avantage : permet d'évaluer le système car on connaît le niveau des apprenants simulés
- Simulation d'apprenants via une fonction *Item Response Theory* (Hambleton, 1991)

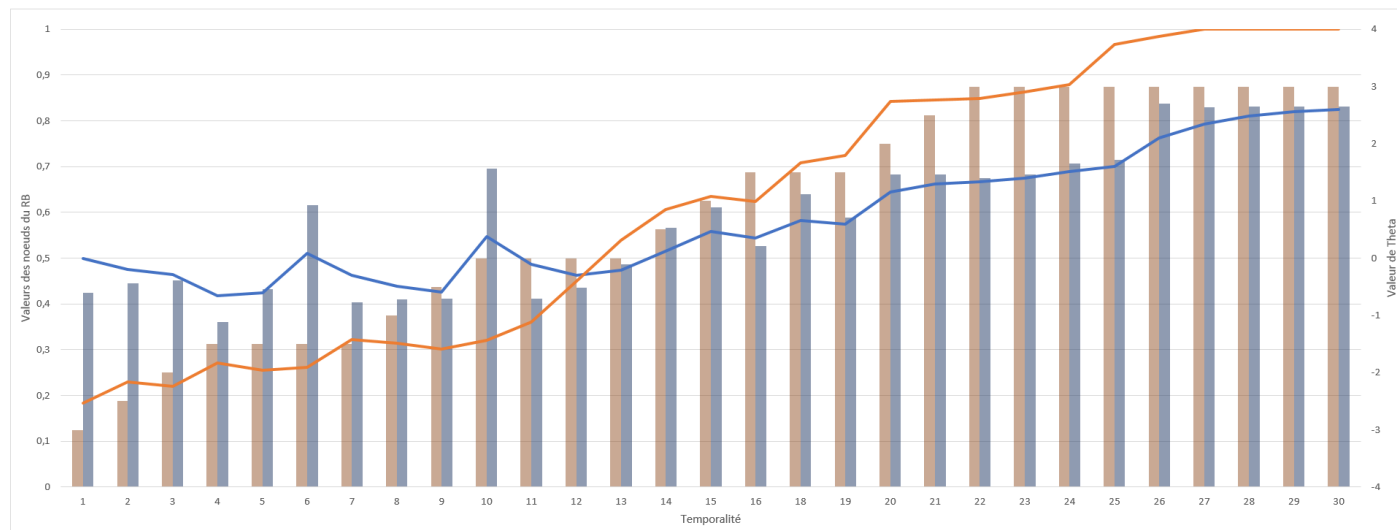
$$p(\text{succès}) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(\theta^L - b(a))}}$$

(Où β est une constante, θ^L le degré de compétence de l'apprenant L , $b(a)$ la difficulté de l'exercice a)

- Les valeurs de p correspondent à la performance technique (sortie du réseau de neurones)
- Chaque apprenant simulé possède un gain d'apprentissage fixé aléatoirement à sa création
- On compare l'évolution de θ^L au niveau de l'apprenant estimé par le RB (Nœuds « niveau CNT »)
- Chaque apprenant fait face à 30 situations critiques de difficulté croissante

Premiers résultats

- Cas d'un apprenant dont la progression suit l'augmentation de la difficulté

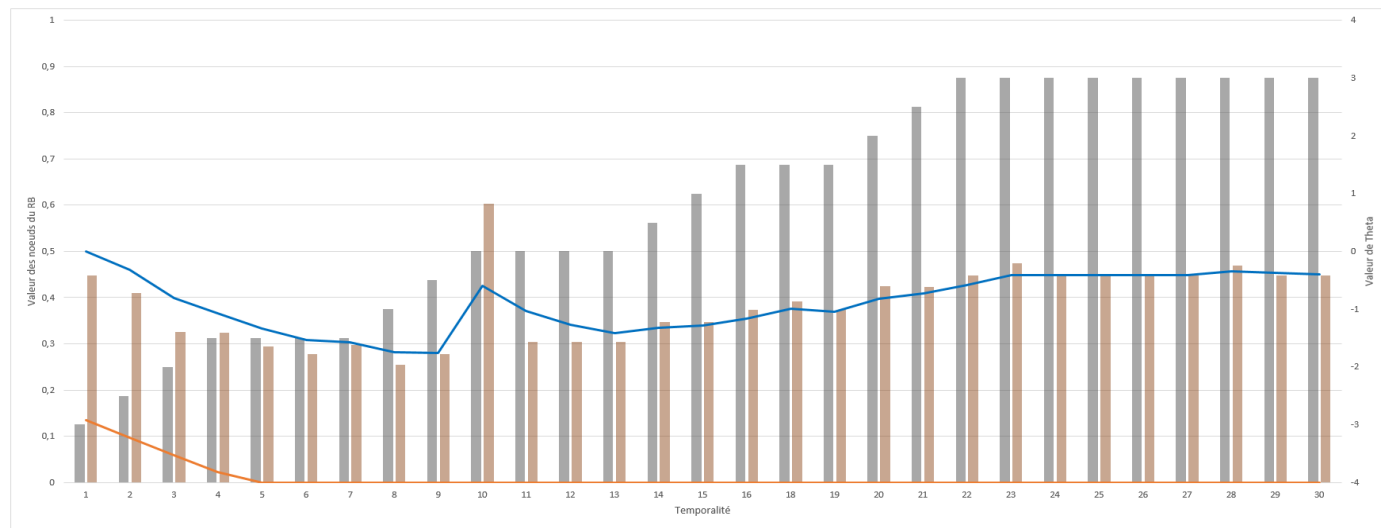


Courbe bleue : Niveau CNT estimé par le RB
Courbe orange : θ^t
Histogrammes orange : Diagnostic CNT au temps t
Histogrammes gris : difficulté des situations générées

- Quand l'augmentation de la difficulté des situations suit de manière homogène la progression de l'apprenant, le diagnostic des CNT de l'apprenant est d'une bonne précision

Premiers résultats

- Cas d'un apprenant dont la progression ne suit pas l'augmentation de difficulté



Courbe bleue : Niveau CNT estimé par le RB
Courbe orange : θ^L
Histogrammes orange : Diagnostic CNT au temps t
Histogrammes gris : difficulté des situations générées

- Si le choix des situations n'est pas adapté au niveau de l'apprenant, la précision du réseau décroît
 - Le diagnostic des CNT produit par le RB surestime un apprenant qui stagne, du fait de la difficulté des situations générées
 - L'effet inverse se produit quand des situations trop faciles sont générées à un apprenant très compétent

Conclusion

- Intérêts d'un réseau bayésien pour le diagnostic des CNT :
 - Adaptabilité : le modèle peut produire un diagnostic y compris pour des situations peu connues
 - Interprétabilité : le modèle est compréhensible et paramétrable par un expert du domaine
 - Différenciation : permet de déterminer l'influence séparée de chaque CNT sur la performance technique
- Importance du modèle décisionnel :
 - Pour le diagnostic: la précision de l'estimation des CNT d'un apprenant par le RB dépend directement de la validité des situations par rapport à son niveau
 - Pour l'humain : une situation trop facile n'est pas critique, donc ne mobilise pas les CNT. Une situation trop difficile entraînera un échec sur la simple base des CT

Perspectives

- Module de prise de décision pour la génération de situations critiques adaptées à chaque apprenant.
 - Piste actuelle : le choix d'une situation d'apprentissage sous la perspective d'un problème de type « bandit manchot ».
- Intégration du réseau bayésien au module de prise de décision :
 - Filtrage des scénarios à la difficulté adaptée, sur la base du modèle de l'apprenant (nœuds « niveau CNT »)
 - Permet d'évaluer l'utilité d'un scénario pour l'apprentissage (conséquences de l'utilisation d'une situation critique donnée sur l'apprenant), et pour l'évaluation (précision du RB rapport au niveau réel de l'apprenant)

Merci de votre attention

• Références

- 1) Flin, R., Patey, R., Glavin, R., & Maran, N.: Anaesthetists' non-technical skills. *British journal of anaesthesia*, 105(1), 38-44 (2010)
- 2) Mitchell, M. L., & Flin, R. (Eds.): *Safer surgery: analysing behaviour in the operating theatre*. Ashgate Publishing, Ltd (2012)
- 3) Fletcher, G., Flin, R., McGeorge, P., Glavin, R., Maran, N., & Patey, R.: Anaesthetists' Non-Technical Skills (ANTS): evaluation of a behavioural marker system†. *British journal of anaesthesia*, 90(5), 580-588 (2003)
- 4) Merrill, M. D. Constructivism and Instructional Design. *Educational Technology*, 31 (5), 45-53 (1991)
- 5) Marchand, Anne-Lise.: Les retours d'expériences dans la gestion de situations critiques. 100-113 (2011)
- 6) Lynch, C., Ashley, K., Alevan, V., Pinkwart, N.: Defining Ill-Defined Domains; A literature survey. In: *Proc. Intelligent Tutoring Systems for Ill-Defined Domains Workshop, ITS 2006*, pp. 1–10 (2006)
- 7) Bourrier, Y., Francis, J., Garbay, C., & Luengo, V. (2018, June). A Hybrid Architecture for Non-Technical Skills Diagnosis. In *Intelligent Tutoring Systems*.
- 8) Hambleton, R. K. 1991. *Fundamentals of item response theory*. Vol. 2. Sage publications.