

# Modèle Complet d'Évaluation des États (MCEE)

## Version Plus Détaillée

17 dèc 2025

## Introduction générale

Vous êtes-vous déjà demandé comment une Intelligence Artificielle (IA) ou un système cognitif pourrait gérer ses émotions, sa mémoire et ses souvenirs, tout en réagissant de façon cohérente, aussi bien à court terme qu'à long terme? C'est précisément le défi qu'aborde ce *Modèle Unifié* : concilier la richesse et la fluctuation des états émotionnels avec la stabilité d'une architecture mémoire, le tout dans une optique de réactivité et de cohérence.

Le **MCEE** (Modèle Complet d'Évaluation des États) s'intègre dans un cadre plus vaste où l'on trouve :

- Des *émotions instantanées* (jusqu'à 24 dimensions ou moins, selon le contexte).
- Des *souvenirs* (gérés sous forme de graphe de mémoire ou de structures équivalentes).
- Des *mécanismes de mise à jour* (pour fusionner les émotions, calculer à l'aide du module emotion, tenir compte des traumatismes, etc.).

Dans ce document, nous allons :

1. Détailler le MCEE et ses formules (comment sont évaluées et modulées les émotions à chaque instant).
2. Expliquer comment ces émotions s'inscrivent dans une architecture de mémoire en graphe avec neo4j (où chaque souvenir, chaque concept ou chaque émotion peut être relié par des liens dont la force varie selon le temps, l'usage et l'intensité émotionnelle).
3. Montrer comment le système fusionne toutes ces émotions en une *émotion globale* et produit, in fine, un état suffisamment riche pour guider les décisions ou les réactions.

## 1 Modèle Complet d'Évaluation des États (MCEE)

### 1.1 Dimensions émotionnelles et entrées

Le système reçoit jusqu'à 24 émotions instantanées  $E_i(t)$  à chaque pas de temps  $t$  (par exemple joie, peur, tristesse, colère, etc.). Chacune de ces émotions est influencée par :

- Des **capteurs** ou **valeurs environnementales** (ex. distance, température, bruits, rythmes biologiques).

- Des **feedbacks externes** ( $Fbt$ ) : signaux de l'environnement ou d'un utilisateur (louange, critique, alerte...).
- Des **feedbacks internes** ( $Fbint(t)$ ) : signaux internes (niveau d'énergie, tension, auto-évaluation...).
- Des **souvenirs** (gérés par un module de mémoire, idéalement un *graphe de mémoire* qui associe épisodes passés, émotions, liens de similarité, etc.).

Chaque émotion  $E_i(t)$  est donc un " point d'entrée " vers l'état affectif du système à l'instant  $t$ .

## 1.2 Fonction de modulation des émotions

Le MCEE propose une mise à jour de chaque émotion  $E_i(t+1)$  en tenant compte de divers facteurs. Sous forme générale :

$$E_i(t+1) = E_i(t) + \alpha \cdot Fbt + \beta \cdot Fbint(t) - \gamma \cdot t + \delta \cdot (\text{Influence Souvenirs}) + \theta \cdot W_t.$$

- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta$  sont des coefficients de pondération.
- $W_t$  est un **coefficient de sagesse** (expérience accumulée, qui peut grandir au fil du temps).
- Influence Souvenirs est un terme-clé : il dépend de la réactivation de souvenirs pertinents, via la mémoire graphe (ou autre structure), qui peut amplifier ou inhiber certaines émotions.

*Remarque* : La forme exacte de la fonction peut être linéaire ou plus complexe (logistique, tanh, etc.). Dans tous les cas, l'idée est de tenir compte des émotions passées, des informations nouvelles (feedbacks, capteurs) et de la mémoire pour ajuster  $E_i(t+1)$ .

## 1.3 Souvenirs et variance de comparaison

Le MCEE compare également l'émotion courante  $E_i(t)$  à des valeurs passées (souvenirs) pour calculer une *variance* :

$$\text{Var}_i(t) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (E_i(t) - S_{i,j})^2,$$

où  $S_{i,j}$  représente la valeur d'un souvenir lié à  $E_i$  (par exemple, la dernière fois que le système a ressenti fortement la joie ou la peur dans des circonstances semblables). Cette variance renseigne sur **l'écart** entre ce que le système ressent maintenant et ce qu'il a déjà ressenti, permettant de détecter d'éventuelles anomalies ou incohérences.

## 1.4 Fusion des émotions instantanées

Après avoir mis à jour chaque émotion  $E_i(t+1)$ , on produit une **émotion globale**  $E_{\text{global}}(t+1)$ . L'idée est de synthétiser l'état émotionnel en un *indice unifié* (ou un petit vecteur) utilisable dans la suite (par ex. prise de décision, interaction sociale, etc.). Une manière de faire :

$$E_{\text{global}}(t+1) = E_{\text{global}}(t) + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ E_i(t+1) (1 - \text{Var}_{\text{global}}(t)) \right],$$

où  $N$  est le nombre d'émotions instantanées et  $\text{Var}_{\text{global}}(t)$  peut être la moyenne (ou la médiane) des  $\text{Var}_i(t)$ . Ainsi, chaque émotion mise à jour contribue au niveau global, pondérée par l'écart moyen actuel. Si la variance est élevée, on se méfie d'une trop grande dispersion émotionnelle ; si elle est faible, on fusionne plus franchement.

### 1.4.1 Stabilisation de la Fusion des Émotions

Pour éviter que les émotions fusionnées ne grimpent à des valeurs absolument hors de contrôle, nous introduisons la fonction **tangente hyperbolique**  $\tanh$  dans le calcul de l'émotion globale. De cette manière, on limite naturellement l'expansion de  $E_{\text{global}}$  dans un intervalle borné  $[-1, 1]$ , maintenant ainsi un comportement plus stable (mais toujours dynamique!).

$$E_{\text{global}}(t+1) = \tanh\left(E_{\text{global}}(t) + \sum_{i=1}^N E_i(t+1) \cdot (1 - \text{Var}_{\text{global}}(t))\right).$$

Cette méthode garantit que même si plusieurs émotions instantanées sont fortement positives (ou négatives) en même temps,  $\tanh$  vient "calmer le jeu" en restreignant les excès. Ainsi, les émotions fusionnées conservent une grande souplesse pour varier (on ne fige rien dans le marbre!), tout en évitant les démesures pouvant nuire à la cohérence.

## 1.5 Classification et étiquetage

Une fois  $E_{\text{global}}$  calculé (avec ou sans stabilisation via  $\tanh$ ), on peut :

- Obtenir un **score unique** représentant l'"humeur" dominante (par exemple, positif ou négatif).
- Produire un **vecteur multidimensionnel** (joie dominante = 0.7, peur = 0.2, colère = 0.1, etc.).
- Appliquer une fonction  $\text{Classification}(E_{\text{global}})$  qui renvoie des labels (par exemple "joie", "peur", "tristesse", "colère").

Le résultat final servira par exemple dans un module de dialogue, un module décisionnel ou une interface homme-machine.

## 2 Modèle Graphe de la Mémoire avec neo4j

Dans nombre d'architectures, la mémoire (souvenirs, consolidation, oubli, etc.) peut être décrite par un **graphe** :

- Les **nuds** (nodes) représentent des souvenirs (épisodes, concepts, émotions, scènes vécues).
- Les **arêtes** (edges) représentent des liens associatifs ou causaux, avec un **poids** reflétant l'intensité, la pertinence ou l'ancienneté.

### 2.1 Principe général

Chaque souvenir est donc un nud  $S_i$ , qui peut porter :

- un *vecteur d'émotions* (24 dimensions par exemple),
- un *contexte* (lieu, date, interlocuteurs),
- une *valence* positive/négative.

Les arêtes indiquent si un souvenir est relié à un autre (ex. même situation, mêmes acteurs), avec une force qui augmente si on les réactive souvent, ou diminue si on les oublie.

## 2.2 Types de mémoires (nuds ou sous-graphes)

- **MCT (mémoire à court terme)** : souvenirs éphémères, fort tauxoubli.
- **MT (mémoire de travail)** : nuds activés pour résoudre un problème immédiat.
- **MLT (mémoire à long terme)** : nuds plus stables (faits importants, souvenirs-clés).
- **Mémoire épisodique, mémoire sémantique, mémoire autobiographique**, etc.

Chaque type peut être un sous-graphe dédié, ou un marquage particulier (labels, attributs).

## 2.3 Enregistrement des 24 valeurs émotionnelles

Lorsqu'un événement survient, le système peut stocker un *vecteur à 24 dimensions* représentant l'état émotionnel du moment. Soit il garde **toutes** les occurrences en " historique " (méthode *Historique*), Soit il effectue une **fusion/actualisation** progressive (pondérée par l'intensité de chaque nouvel événement).

Proposition : Une étiquette de consolidation temporaire Pour répondre à ce besoin, nous introduisons une nouvelle étiquette dans le graphe de mémoire

- état = "Souvenir<sub>consolider</sub>"
- date = YYYY-MM-DD
- heure = HH:MM

## 2.4 Gestion quotidienne : MCT et transfert en MLT

Pour ne pas saturer la mémoire, on fait régulièrement un tri :

- Les souvenirs jugés " importants " (ou récurrents) sont transférés en **MLT**.
- Les autres sont oubliés, compressés ou résumés.

*Exemple* : à la fin de la journée, on examine les nuds dans la MCT. Si un nud (souvenir) a une intensité émotionnelle forte ou a été réactivé plusieurs fois, on le *transfère* en mémoire à long terme.

## 2.5 Cas particulier : souvenir traumatique

Si un événement est *traumatique* (émotion très négative, intensité extrême), on le transfère immédiatement en MLT avec un label **trauma**, un coefficientoubli quasi nul, et un coefficient de renforcement élevé. **But** : éviter que le système réitère la même erreur ou le protéger rapidement (réflexe prioritaire).

## 2.6 Activation du souvenir : émotions, associations et temps

Quand un événement similaire survient, le système vérifie s'il existe des souvenirs liés (dans le graphe). Il calcule un score d'activation :

$$A(S_i) = \text{oubli}(S_i, t) \times (1 + R(S_i)) \times \sum_k C(S_i, S_k) \times \text{Me}(S_i, E_{\text{current}}) \times U(S_i).$$

- $\text{oubli}(S_i, t)$  : facteur oubli (exponentiel).
- $R(S_i)$  : renforcement (lié à la fréquence d'usage ou à la charge émotionnelle).
- $C(S_i, S_k)$  : force de connexion entre nuds  $S_i$  et  $S_k$ .
- $\text{Me}(S_i, E_{\text{current}})$  : similarité émotionnelle.
- $U(S_i)$  : usage/utilisation (à quel point ce souvenir est sollicité).

## 2.7 Formule générale d'activation du souvenir

Pour toute la mémoire, on répète ce calcul. Les nuds dont l'activation  $A(S_i)$  dépasse un certain seuil réémergent et influencent alors les émotions instantanées ( $E_i$ ) via le terme *Influence Souvenirs* évoqué en section précédente.

## 2.8 Mise à jour du graphe et évolution dans le temps

- Les arêtes sont **renforcées** si un nud est souvent réactivé en présence d'un autre.
- Elles peuvent être **diluées** (oubli exponentiel) si le souvenir n'est presque jamais rappelé.
- De nouveaux nuds peuvent apparaître (événements inédits), d'anciens nuds peuvent être supprimés s'ils tombent sous un seuil d'activation.

# 3 Interaction entre le MCEE et la mémoire graphe

## 3.1 Influence des souvenirs dans le calcul émotionnel

Le terme  $\delta \cdot (\text{Influence Souvenirs})$  (décrit en section précédente) est fourni par l'activation du graphe de mémoire : on somme les souvenirs (ou nuds) activés, modulés par leurs valences émotionnelles et leur intensité d'activation. **Concrètement** :

$$\text{Influence Souvenirs}(t) = \sum_{S_i \in \text{pertinents}} \text{Valence}(S_i) \times A(S_i) \quad (- \text{ ou } + \text{ si négatif}).$$

## 3.2 Rôle du module du rêve dans la validation

Lors du cycle de rêve, tous les souvenirs marqués 'Souvenir<sub>consolider</sub>' sont :

- **Examinés** selon leur intensité émotionnelle, leur récurrence, leur similitude avec d'autres événements
- **Comparés** à l'état émotionnel global du moment

**Le rêve peut alors :**

- **Consolider** le souvenir : suppression de l'étiquette, renforcement des liens associés
- **Supprimer** ou affaiblir\*\* les souvenirs jugés non pertinents
- **Fusionner** plusieurs souvenirs proches en un seul nud plus synthétique
- **Créer** de nouveaux nuds\*\* si une configuration émotionnelle inédite est détectée

### 3.3 Mise à jour globale

Après chaque cycle :

1. On met à jour les émotions instantanées  $E_i(t)$ .
2. On en déduit  $E_{\text{global}}(t)$ .
3. Le graphe de mémoire sajuste (renforcement, dilution, ajout, suppression).
4. Les souvenirs du jour (14D) peuvent être transférés ou non en MLT.

## 4 Mécanisme d'action immédiate (Amyghaleon)

**Principe :** lorsqu'un **signal d'alarme** émotionnel est détecté (ex. peur ou colère  $> 0.9$ , ou forte similarité avec un trauma), le module **Amyghaleon** déclenche une **réaction prioritaire**.

- **But :** protéger le système ou éviter la répétition d'une erreur grave.
- **Interaction :** ce " réflexe " court-circuite momentanément le MCEE classique (pas le temps de tout recalculer), puis on reprend le cours normal.

*Exemple :* Si un souvenir traumatique d'inondation est activé à 0.8 et que la peur instantanée est à 0.9, alors **Amyghaleon** peut enclencher la **fuite** ou un **blocage** d'action considérée comme risquée.

## 5 Conclusion et perspectives

En combinant :

- Le **MCEE** (calcul multi-émotionnel, feedbacks, souvenirs, fusion),
- Le **Modèle Graphe de la Mémoire** (nuds, arêtes, oubli exponentiel, traumas, etc.),
- Un **mécanisme d'urgence** (Amyghaleon) pour les réactions " flash ",

on obtient un système capable de *ressentir*, de *se souvenir* et de *réagir* de façon adaptative et proactive. Les pistes futures incluent :

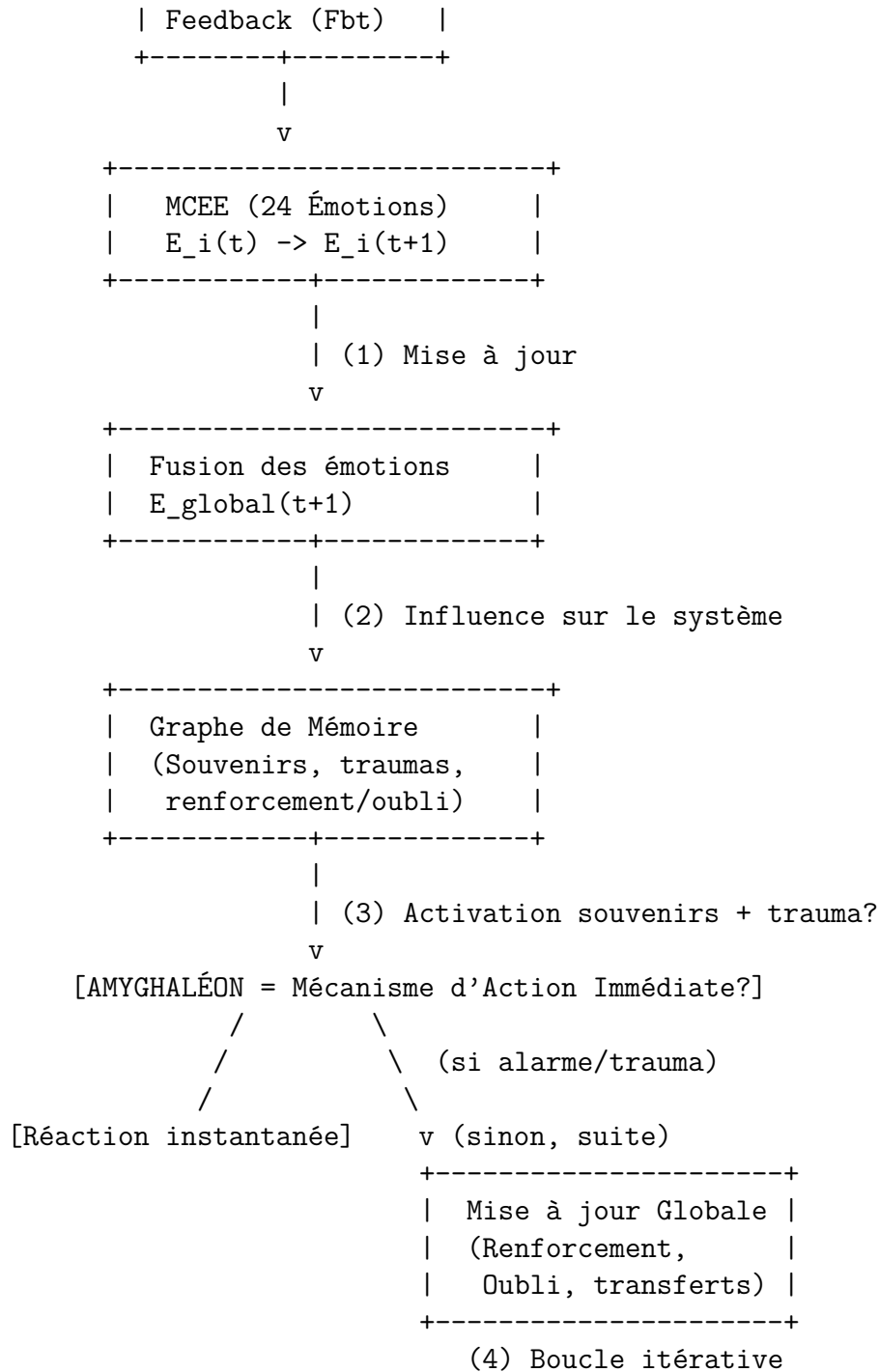
- L'apprentissage automatique des coefficients ( $\alpha, \beta, \delta$ , etc.) pour que le système affine sa sensibilité émotionnelle.
- La gestion hiérarchique des émotions (émotions de base vs. émotions complexes).
- L'exploration de parcours plus riches dans le graphe (détection de motifs, souvenirs cycliques, etc.).

Ce modèle vise une **simulation dynamique** et **contextuelle** des états internes (émotions, souvenirs, traumas), cherchant un juste équilibre entre *rapidité de réaction* face aux situations critiques et *riche subtilité* d'une palette affective nourrie de souvenirs et d'expériences.

## 6 Schéma final (synthétique)

Ci-dessous, un schéma textuel illustrant le fonctionnement global (du MCEE et du Graphe de Mémoire), ainsi que la boucle de mise à jour :

```
+-----+
| Capteurs,      |
```



### Légende du schéma :

1. Les émotions  $E_i(t)$  se mettent à jour en fonction des feedbacks et de la mémoire (Influence Souvenirs).
2. Une fois les émotions instantanées modifiées, on calcule la fusion  $E_{\text{global}}(t + 1)$ .
3. Le Graphe de Mémoire reçoit un signal d'activation (en fonction du contexte, événements traumatiques, etc.).
  - Sil détecte un traumatisme ou un pic émotionnel critique, *Amyghaleon* peut déclencher une réaction d'urgence.
  - Sinon, la mise à jour globale se fait (renforcement, oubli, etc.), puis on boucle au cycle suivant.

Ainsi, le **MCEE** et le **Graphe de Mémoire** fonctionnent de concert pour moduler les émotions, gérer les souvenirs et réagir de manière cohérente et adaptative, tout en évitant de sombrer dans des excès émotionnels ingérables grâce, entre autres, à la fonction  $\tanh$  introduite au sein de la fusion.