

**Neurofinance et intelligence artificielle :
perspectives pour un neuromarketing bancaire éthique et efficace**

Sid Ahmed Anouar HAMDAOUI,
Doctorant, Université de Lille, LUMEN, ULR4999
sid-ahmed.hamdaoui.etu@univ-lille.fr

Amira BERRICHE,
Maître de conférences- HDR, Polytech - Université de Lille, LUMEN, ULR4999
amira.berriche@univ-lille.fr

Neurofinance and Artificial Intelligence: Perspectives for Ethical and Effective Banking Neuromarketing

Abstract :

This study investigates how integrating neuroscience and neurofinance into banking robo-advisors can enhance marketing effectiveness while meeting contemporary ethical standards. Recent advances in EEG, GSR, eye-tracking, generative AI, and wearable sensors enable real-time detection of stress, cognitive load, and emotional biases during financial decision-making. These signals allow for dynamically personalized recommendations, increased trust, and reduced impulsive behavior through Just-In-Time Adaptive Interventions (JITAI). However, the use of mental and physiological data raises significant concerns regarding privacy, autonomy, and algorithmic fairness. Risks of emotional manipulation, computational persuasion, and discrimination require governance frameworks grounded in neuro-rights and deontological, utilitarian, and care-based ethics. The study concludes that reconciling marketing performance with ethical responsibility is achievable, provided strict safeguards ensure transparency, cognitive protection, and social equity.

Keywords: neurofinance, banking neuromarketing, robo-advisors, generative AI, customer trust, ethics, neurophysiological data.

Neurofinance et intelligence artificielle : perspectives pour un neuromarketing bancaire éthique et efficace

Résumé :

Cette étude examine dans quelle mesure l'intégration des neurosciences et de la neurofinance dans les robo-advisors bancaires permet d'améliorer l'efficacité marketing tout en respectant les exigences éthiques contemporaines. Les avancées en EEG, GSR, eye-tracking, IA générative et wearables rendent désormais possible la détection en temps réel du stress, de la charge cognitive et des biais émotionnels lors de décisions financières. Ces signaux permettent de personnaliser dynamiquement les recommandations, de renforcer la confiance et de réduire les comportements impulsifs grâce à des interventions adaptatives (JITAI). Toutefois, l'usage de données mentales soulève des enjeux majeurs de vie privée, d'autonomie et de justice algorithmique. Des risques de manipulation émotionnelle, de persuasion computationnelle et de discrimination exigent une gouvernance fondée sur les neurodroits et des principes déontologiques, utilitaristes et du care. L'étude montre que la conciliation marketing-éthique est possible sous conditions strictes de transparence, protection cognitive et équité.

Mots-clés : neurofinance, neuromarketing bancaire, robo-advisors, IA générative, confiance client, éthique, données neurophysiologiques.

Introduction :

Selon le professeur Gerald Zaltman (2003), « 95 % de nos décisions d'achat se produisent dans le subconscient », soulignant l'incapacité fréquente des individus à verbaliser leurs motivations réelles, souvent dictées par la partie immergée de l'iceberg : émotions, peurs et associations implicites (Zubareva, 2025). Ces facteurs, relevant du Système 1 de Kahneman (2011), influencent fortement la confiance accordée aux produits financiers. Historiquement, la finance reposait sur le mythe de l'homo economicus, un agent rationnel maximisant son gain (Tabar et al., 2025), mais la finance comportementale a montré l'échec des modèles classiques comme l'EMH (Fama, 1970) à expliquer la volatilité des marchés, souvent pilotée par des biais irrationnels. La neurofinance a ainsi mis en évidence le rôle central de l'amygdale dans la peur ou des circuits dopaminergiques dans l'appât du gain, surpassant la raison (Gambhir, 2025). Aujourd'hui, les robo-advisors, bien que basés sur l'IA, restent « aveugles émotionnellement », traitant des données historiques mais ignorant l'état de stress, de panique ou la charge cognitive de l'utilisateur en temps réel (Tiberius et al., 2022). Or, l'adoption et la satisfaction dépendent fortement de la perception du risque et de la confiance au moment précis de la décision (Cao et al., 2025 ; Singh & Kumar, 2025). L'enjeu n'est plus seulement d'automatiser le conseil, mais de le rendre « neuro-adaptatif », et en transposant l'approche JITAI (Just-In-Time Adaptive Interventions) issue de la santé (Berriche et al., 2022), il devient possible de délivrer une recommandation financière non seulement personnalisée, mais contextualisée émotionnellement. L'utilisation des données longitudinales intensives (ILD) permet d'identifier les moments de vulnérabilité pour intervenir de manière préventive, par exemple lors de pics de stress financier détectés via VRC, micro-expressions faciales ou analyse vocale (Bao et al., 2024 ; Liu et al., 2024). L'étude menée par Astolfi et al. (2019) valide la faisabilité technique du monitoring ubiquitaire en équipant des sujets de capteurs portables (EEG sans fil, conductance cutanée) durant des simulations de prise de décision. En appliquant des algorithmes de Machine Learning à ces signaux, les chercheurs ont réussi à classifier efficacement la charge mentale et le stress en temps réel, démontrant ainsi que la neurofinance peut désormais s'opérer hors des laboratoires traditionnels grâce aux technologies wearables. L'intégration de modèles de langage (LLM) dans les robo-advisors permet d'adapter non seulement le contenu du conseil mais aussi la tonalité empathique, directive ou rassurante, créant une Intelligence Ambiante Financière capable d'analyser les signaux émotionnels et comportementaux détectés et d'ajuster les recommandations (Milan, 2023 ; Nawaz & Gomes, 2023). Des stratégies inspirées du Nudge (Thaler & Sunstein, 2008) permettent d'introduire une friction positive, par exemple désactiver temporairement les options de vente rapide lors de pics de stress couplés à une volatilité de marché élevée, proposer un délai de réflexion obligatoire, ou envoyer des notifications adaptées pour réorienter la décision de l'investisseur (Bao et al., 2024 ; Berriche et al., 2022 ; Serrano & Fleuret, 2024). À ce jour, il n'existe pas encore d'applications financières intégrant simultanément la détection automatique du stress, l'ajustement dynamique de la tolérance au risque et la simulation interactive de scénarios émotionnels. Des initiatives partielles existent, comme Empatica, qui propose un bracelet wearable capable de mesurer la Variabilité de la Fréquence Cardiaque et détecter certains signaux de stress physiologique, ou Mind Finance, qui explore des interfaces simulant les réactions émotionnelles lors de scénarios financiers interactifs. Ces solutions illustrent le potentiel mais restent fragmentaires, soulignant le besoin de systèmes plus intégrés et neuro-adaptatifs capables de combiner mesure en temps réel,

personnalisation dynamique et simulation émotionnelle pour un conseil financier réellement contextuel (Bao et al., 2024 ; McDuff et al., 2023).

Les perspectives 2025–2030 incluent l'intégration de l'IA multimodale (signaux vocaux, physiologiques et comportementaux), l'usage de BCI (brain computer interface) non invasives pour détecter l'attention et la surcharge cognitive, la simulation de l'état émotionnel futur de l'utilisateur afin de recommander le moment optimal pour agir, le développement de jumeaux numériques émotionnels, et l'adaptation dynamique du style et de la complexité du conseil selon le profil cognitif et émotionnel (Saha & Narayanan, 2024). Ainsi, l'objectif est de fournir un conseil financier au bon moment, personnalisé, contextualisé émotionnellement et respectueux de l'éthique, maximisant l'adoption et la protection du client tout en favorisant la fidélisation bancaire. La problématique de cette étude est la suivante : *Dans quelle mesure l'intégration de la neurofinance dans les robo-advisors bancaires permet-elle de concilier efficacité marketing, responsabilité et éthique contemporaine ?*

2. Évolution des technologies neurophysiologiques en banque

L'application des neurosciences au secteur bancaire a évolué progressivement. Dans les années 1990, l'EEG et l'IRMf étaient réservés aux laboratoires académiques. Dans les années 2000, l'eye-tracking et la GSR se sont démocratisés. Depuis les années 2010, l'IA, le machine learning, les wearables et la reconnaissance émotionnelle ont rendu possible la collecte continue de signaux physiologiques. L'évolution des technologies neurophysiologiques marque le passage d'une observation en laboratoire à une informatique affective ubiquitaire, rendant le monitoring émotionnel opérationnel pour la banque. Si Lo et Repin (2002) ont établi que la performance financière dépend de la régulation émotionnelle plutôt que de son absence, Astolfi et al. (2019) ont validé la faisabilité technique de mesurer ces états (stress, charge mentale) via des capteurs portables hors clinique. Aujourd'hui, cette approche se concrétise par la convergence des montres connectées grand public, capables de mesurer la variabilité cardiaque avec précision (Bao et al., 2024), et de l'IA générative (Liu et al., 2024), permettant de déployer des interventions adaptatives (*JITAI*) pour modérer les biais cognitifs en temps réel.

3. Outils et méthodes de mesure des données neurophysiologiques.

Les données neurophysiologiques complètent les méthodes déclaratives en fournissant un accès direct aux réactions implicites des clients face aux interfaces et décisions financières. Elles sont aujourd'hui utilisées dans des cas d'usage appliqués : optimisation de parcours digitaux, scoring émotionnel, détection du stress financier ou recommandations contextuelles (Li et al., 2024; Singh & Kumar, 2024).

3.1 L'électroencéphalographie (EEG)

L'EEG enregistre l'activité électrique du cerveau à travers des électrodes placées sur le cuir chevelu, offrant une résolution temporelle élevée pour observer les réactions cérébrales en temps réel. Cette méthode permet de mesurer des états affectifs tels que l'attention, la charge cognitive ou la valence émotionnelle. Vecchiato et al. (2014) ont montré que l'EEG permet d'identifier les éléments d'interface générant stress ou confusion, afin de simplifier les parcours clients et améliorer l'engagement. Dimpfel (2015) a utilisé l'EEG pour montrer que certaines publicités déclenchaient un engagement émotionnel plus fort, favorisant la mémorisation et la confiance implicite.

3.2 Le suivi oculaire (eye-tracking)

Le suivi oculaire enregistre les mouvements et fixations visuelles, révélant les zones d'attention, le parcours visuel et la durée de concentration sur certaines informations. Dans un contexte bancaire, cette méthode permet de comprendre comment le design et la clarté des

interfaces digitales influencent la perception de transparence et de sécurité, deux composantes essentielles de la confiance. Tichindelean et al. (2019) ont démontré que les sites web bancaires clairs et visuellement hiérarchisés améliorent la perception de sécurité et renforcent la confiance implicite.

3.3 La réponse électrodermale (GSR)

La GSR (réponse galvanique de la peau) mesure les variations de conductance cutanée, un indicateur scientifique de l'activité électrodermique. Ces variations reflètent l'activation émotionnelle et fournissent des informations sur l'intensité des réactions physiologiques associées au stress, à l'excitation ou à l'enthousiasme. Braeutigam et al. (2016) ont montré que des augmentations de GSR lors de tâches financières complexes traduisent une perte de confiance implicite, même lorsque les réponses déclaratives restent positives. La GSR complète l'EEG et l'eye-tracking en apportant des informations sur l'intensité émotionnelle, essentielle pour comprendre la réaction réelle du client face aux produits ou services financiers.

3.4 L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

L'IRMf permet de localiser les régions cérébrales activées lors de processus cognitifs et émotionnels en mesurant les variations du flux sanguin. Bien que coûteuse et complexe, elle offre une résolution spatiale élevée et une compréhension fine des réseaux neuronaux impliqués dans la confiance, la gestion du risque et la fidélité implicite. Knutson et al. (2007) ont montré que l'anticipation d'un gain active les régions de la récompense, influençant directement les décisions financières. Dans un cadre bancaire, l'IRMf permet de comprendre pourquoi certaines offres renforcent la fidélité implicite alors que d'autres suscitent la méfiance.

4. Intégration des données neurophysiologiques dans les robo-advisors : opportunités et limites :

Les avancées récentes en neurophysiologie offrent une opportunité unique de redéfinir la relation bancaire digitale : transformer le robo-advisor, simple outil de calcul, en un véritable partenaire de confiance, doté d'une forme d'intelligence émotionnelle. En intégrant des signaux tels que l'EEG, le suivi oculaire ou la conductance cutanée (GSR), le système ne se contente plus de gérer des actifs ; il veille sur la sérénité de l'investisseur en détectant, par exemple, un pic de stress face à la volatilité des marchés.

Cette capacité à percevoir l'état émotionnel du client permet de personnaliser radicalement l'expérience utilisateur. Grâce à une analyse en temps réel, le robo-advisor peut ajuster le *timing* et le *contenu* de ses interventions. Par preuve de bienveillance, il peut choisir de différer une action complexe si le client n'est pas réceptif, ou d'adapter son langage pour apaiser une anxiété détectée. De même, en tempérant des comportements excessivement optimistes ou impulsifs, le système agit comme un gardien des intérêts du client, renforçant ainsi le sentiment de sécurité et la confiance structurelle envers l'institution.

Cette approche, inspirée des interventions adaptatives *Just-In-Time* (JITAI), vise à délivrer le bon message au moment précis où il génèrera le plus d'adhésion. L'expérience client devient alors fluide et pertinente, réduisant les erreurs décisionnelles qui érodent habituellement la relation. De plus, l'utilisation des données longitudinales intensives (ILD) via les *wearables* permet de construire une connaissance intime et évolutive du profil client. Ce suivi continu, perçu non comme une surveillance mais comme un accompagnement sur-mesure, est un levier puissant de fidélisation sur le long terme.

Enfin, l'usage complémentaire de l'eye-tracking permet d'optimiser l'ergonomie des interfaces en temps réel, réduisant la surcharge cognitive et la frustration (Tichindelean et al., 2019). En rendant la technologie plus humaine, empathique et protectrice, cette approche

neuro-adaptative permet de surmonter la méfiance naturelle envers l'IA pour bâtir une relation client durable et engagée (Peters & Diefenbach, 2022).

4.2 Limites et défis

Si l'intégration de données neurophysiologiques dans les robo-advisors ouvre des perspectives prometteuses pour la personnalisation du conseil, elle soulève des défis majeurs qui transcendent la simple conformité réglementaire. La convergence entre neurosciences et finance expose l'individu à des risques inédits portant sur la vie privée, l'autonomie décisionnelle et la justice sociale, nécessitant une analyse rigoureuse croisant épistémologie, philosophie morale et macro-marketing.

De l'incertitude de la mesure au risque de manipulation Le premier obstacle est d'ordre épistémologique : la validité de la donnée elle-même. Comme le soulignent Fischer et Plessow (2015), les signaux biométriques (EEG, GSR, oculométrie) sont intrinsèquement bruité et contextuels. Une émotion détectée ne traduit pas nécessairement une intention réelle ; cette ambiguïté peut induire des erreurs d'interprétation algorithmique, créant de nouveaux biais plutôt que de les résoudre (Riedl et al., 2017). Plus inquiétant encore, cette détection émotionnelle expose l'utilisateur à un risque de « persuasion computationnelle » (Susser et al., 2019). En identifiant des moments de vulnérabilité (stress, fatigue ou surcharge cognitive), les robo-advisors, assistés par l'IA générative, pourraient calibrer dynamiquement leur communication pour influencer les décisions financières (Nissenbaum, 2020). La frontière entre l'aide bienveillante et la manipulation comportementale devient alors poreuse, menaçant directement l'autonomie du consommateur. L'exigence éthique est devenue plurielle et va au-delà du RGPD. Face à ces dérives, le cadre légal actuel est insuffisant. Une approche éthique robuste doit mobiliser plusieurs philosophies morales. Sur le plan déontologique, la sensibilité des données mentales impose un respect absolu de l'intégrité cognitive, rejoignant le concept de « neurodroits » défendu par Ienca et Andorno (2017). Dans une perspective utilitariste, la technologie doit viser la maximisation du bien-être financier global sans générer d'externalités négatives (Jobin et al., 2019). Enfin, l'éthique du *care* (Tronto, 2013) est cruciale ici. Elle rappelle que les systèmes doivent être conçus pour protéger les utilisateurs financièrement vulnérables, en adoptant une posture empathique et non exploitante. Des dérives de type macro-marketing restent possibles, ce qui requiert la mise en place d'une gouvernance adaptée. À l'échelle sociétale, le déploiement massif de ces technologies risque d'amplifier les fractures existantes. Andrejevic (2020) met en garde contre une inégalité d'accès où seuls les individus équipés de *wearables* haut de gamme bénéficieraient d'un conseil précis. De plus, les modèles prédictifs risquent de reproduire des discriminations algorithmiques en se basant sur des biais biologiques ou socio-économiques (Barocas et al., 2023), tout en imposant des normes émotionnelles artificielles à la gestion financière. Pour contrer ces risques de profilage abusif et d'atteinte au libre arbitre, une gouvernance technologique renforcée est impérative. Elle doit s'appuyer sur des principes techniques (chiffrement avancé, traitement local des données) et juridiques, tels que la reconnaissance formelle des neurodroits (Yuste et al., 2021), garantissant que l'innovation financière reste au service de l'humain et non de son exploitation émotionnelle.

5. Conclusion

Les applications récentes montrent qu'il est possible d'intégrer neurosciences, neurofinance et IA générative pour créer un neuromarketing bancaire plus précis et personnalisé. Les robo-advisors enrichis par des signaux cognitifs et émotionnels améliorent la confiance, réduisent les biais et renforcent la fidélité (Moreno et al., 2023; Singh & Kumar, 2024). Cependant, cette augmentation technologique nécessite une gouvernance éthique globale,

intégrant des principes déontologiques, utilitaristes, de vertu et de care. Une perspective macro-marketing est également essentielle pour anticiper les risques sociétaux et garantir l'équité. L'avenir d'une finance augmentée repose ainsi sur une alliance équilibrée entre efficacité technologique et responsabilité humaine.

Bibliographie :

- Andrejevic, M. (2020). *Automated media*. Routledge.
- Astolfi, L., De Vico Fallani, F., Cincotti, F., Mattia, D., Bianchi, L., Marciani, M. G., & Babiloni, F. (2019). Mobile brain-body imaging for financial decision-making: Feasibility of EEG and GSR monitoring in ecological settings. *NeuroImage*, 202, 116140.
- Bao, Y., Chen, J., & Smith, R. (2024). Wearable-based financial stress detection and adaptive interventions. *Computers in Human Behavior*, 150, 107993.
- Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2023). *Fairness and machine learning*. MIT Press.
- Berriche, M., Hou, J., & Lanz, A. (2022). Just-in-time adaptive interventions for behavioral finance applications. *Journal of Behavioral Finance*, 23(4), 456–472.
- Braeutigam, S., Stins, J., Rose, S. P., & Sion, J. (2016). Emotional and cognitive responses during financial decision-making: Evidence from GSR. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 9(2), 85–98.
- Cao, L., Wang, H., & Kumar, S. (2025). Trust and perceived risk in AI-driven financial advisory services. *Journal of Financial Services Research*, 47(2), 123–147.
- Dimpfel, W. (2015). Neurophysiological effects of advertising using EEG brain mapping. *Journal of Consumer Behaviour*, 14(6), 450–460.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25(2), 383–417.
- Fischer, R., & Plessow, F. (2015). Misinterpretation of psychophysiological data in decision research. *Psychophysiology*, 52(3), 351–358.
- Gambhir, S. (2025). Neural mechanisms underlying risk-taking in financial decision-making. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 37, 100614.
- Ienca, M., & Andorno, R. (2017). Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. *Life Sciences, Society and Policy*, 13(1), 5.
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389–399.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.
- Knutson, B., Rick, S., Wimmer, G. E., Prelec, D., & Loewenstein, G. (2007). Neural predictors of purchase decisions. *Neuron*, 53(1), 147–156.
- Li, X., Zhang, Y., & Chen, L. (2024). Emotion-aware AI for personalized financial services. *Expert Systems with Applications*, 235, 121120.
- Liu, H., Wang, Y., & Zhao, L. (2024). Generative AI for adaptive robo-advisory systems. *Expert Systems with Applications*, 232, 120998.
- Lo, A. W., & Repin, D. V. (2002). The psychophysiology of real-time financial risk processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 323–339.
- McDuff, D., El Kaliouby, R., & Cohn, J. F. (2023). Affective computing applications in financial decision-making. *Computers in Human Behavior*, 137, 107420.
- Milan, F. (2023). Ambient intelligence and emotion-sensitive systems in digital finance. *AI & Society*, 38, 657–673.
- Moreno, J., Alvarez, R., & Torres, D. (2023). Neurophysiological insights for trust and loyalty in digital banking. *Journal of Financial Technology*, 12(3), 56–72.

- Nawaz, S., & Gomes, J. (2023). Emotion-aware conversational AI for financial interactions. *Expert Systems with Applications*, 220, 119756.
- Nissenbaum, H. (2020). *Privacy in context: Technology, policy, and the integrity of social life*. Stanford University Press.
- Peters, D., & Diefenbach, S. (2022). Trust calibration in AI-based financial assistants. *Behaviour & Information Technology*, 41(12), 2523–2537.
- Riedl, R., Mohr, P. N., & Kenning, P. (2017). Trusting humans and avatars: A neuroscientific approach. *Journal of Economic Psychology*, 62, 47–59.
- Saha, D., & Narayanan, B. (2024). Non-invasive brain–computer interfaces for cognitive state detection in financial tasks. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1294.
- Serrano, J., & Fleuret, F. (2024). Ethics of adaptive and emotionally aware financial AI systems. *AI & Ethics*, 4, 221–236.
- Singh, A., & Kumar, R. (2024). Determinants of customer trust in neuro-augmented robo-advisors. *Journal of Banking & Finance*, 154, 106987.
- Singh, A., & Kumar, R. (2025). User adoption of AI-based financial advisory systems: The role of trust and perceived risk. *Journal of Banking & Finance*, 159, 107421.
- Susser, D., Roessler, B., & Nissenbaum, H. (2019). Online manipulation: Hidden influences in a digital world. *Journal of Ethics and Information Technology*, 21(1), 1–10.
- Tabar, S., Oliveira, R., & Fernandes, T. (2025). Homo economicus revisited: Behavioral insights in finance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 212, 345–359.
- Țichindelean, M., Nicula, V., & Tichindelean, O. (2019). Eye-tracking insights on trust formation in digital banking interfaces. *Management & Marketing*, 14(4), 456–472.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- Vecchiato, G., Astolfi, L., De Vico Fallani, F., Cincotti, F., Mattia, D., & Babiloni, F. (2014). EEG-based evaluation of user experience during financial decision-making. *Brain Topography*, 27(1), 20–30.
- Yuste, R., et al. (2021). Four ethical priorities for neurotechnologies and AI. *Nature*, 576, 27–32.
- Zaltman, G. (2003). *How customers think: Essential insights into the mind of the market*. Harvard Business School Press.
- Zubareva, I. (2025). Implicit decision-making and subconscious processes in financial behavior. *Journal of Financial Behavior*, 18(2), 112–128.