

**APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026
CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant**

Formulaire à compléter et déposer par les porteurs du projet de thèse HDR via l'adresse mail suivante :
ed658@univ-amu.fr OU/ET romane.haddadi@univ-amu.fr

MERCI DE METTRE EN SUJET DU MAIL : Concours ED 658 2026 porteur de projet
Ces dossiers seront publiés pour que les candidats postulent.

au plus tard le 3 mars 2026.

INTITULÉ DU PROJET

Traitement prédictif hiérarchique du langage et de la musique : modélisation computationnelle et dynamiques neuronales multi-échelles

Hierarchical predictive processing in language and music: computational modeling and multi-scale neural dynamics

1- Directrice ou directeur de thèse HDR

NOM	Schön	Prénom	Daniele
Téléphone portable		Courriel	daniele.schon@univ-amu.fr

Unité de recherche (UR) de rattachement

Code (acronyme et n°) de l'UR à AMU :	INS, U1106
---------------------------------------	------------

Nom de l'UR :	Institut de Neurosciences des Systèmes
---------------	--

Directrice ou directeur de l'UR

Nom	Jirsa	Prénom	Viktor
-----	-------	--------	--------

2- Codirectrice ou codirecteur de thèse, le cas échéant

NOM		Prénom	
Téléphone portable		Courriel	

Unité de recherche (UR) de rattachement

Code (acronyme et n°) de l'UR à AMU :	
---------------------------------------	--

Nom de l'UR :	
---------------	--

Directrice ou directeur de l'UR

Nom		Prénom	
-----	--	--------	--

SPECIALITE : (Rayer les mentions inutiles)

Neurosciences

SOUS JURY POUR LE CONCOURS : (Rayer les mentions inutiles)

JURY 3 : NEURSOCIENCES

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

MERCI DE REMPLIR TOUTES LES INFORMATIONS EN FRANÇAIS ET EN ANGLAIS

Description de la problématique de recherche - Project description

Le langage et la musique sont deux systèmes structurés dans le temps, organisés de manière hiérarchique (phonèmes / notes → mots / motifs → syntaxe / harmonie → structure globale). Bien qu'ils reposent sur des réseaux corticaux partiellement chevauchants, ils présentent des signatures dynamiques spécifiques, notamment fréquentielles et temporelles (te Rietmolen et al., 2024).

Par ailleurs, des travaux récents en conversation naturelle ont montré que la préparation d'une réponse débute pendant l'écoute et que des signatures neuronales prédictives précèdent l'initiation de la parole (Yamasaki et al. under review).

Ces résultats suggèrent que perception et production reposent sur des mécanismes prédictifs continus.

Cependant, une question fondamentale demeure ouverte :

Le cerveau implémente-t-il un principe computationnel unificateur de traitement prédictif hiérarchique applicable à la fois au langage et à la musique ? Et comment ce principe s'exprime-t-il dans les dynamiques neuronales distribuées à différentes échelles temporelles ?

L'objectif de cette thèse est de développer un cadre computationnel intégré permettant :

- De formaliser les prédictions internes générées lors du traitement du langage et de la musique.
- D'identifier leurs signatures neuronales multi-échelles (activité haute fréquence, oscillations, propagation réseau).
- De tester l'extension de ces mécanismes dans un contexte écologique conversationnel.
- Ce projet ambitionne ainsi d'unifier les approches computationnelles, dynamiques et interactionnelles du traitement du langage et de la musique.

Language and music are temporally structured hierarchical systems (phonemes/notes → words/motifs → syntax/harmony → global structure). Although they recruit partially overlapping cortical networks, they exhibit distinct frequency-specific and temporal neural signatures (te Rietmolen et al., 2024).

Recent work on natural conversation further shows that response planning begins during listening and that predictive neural activity precedes speech onset (Yamasaki et al. under review). These findings suggest that perception and production rely on continuous predictive mechanisms.

A central open question remains:

Does the brain implement a unified hierarchical predictive computational principle applicable to both language and music? And how is this principle expressed in distributed neural dynamics across temporal scales?

This PhD project aims to:

- Develop a unified computational framework of hierarchical predictive processing in language and music.
- Identify its multi-scale neural signatures (high-frequency activity, oscillations, network propagation).
- Test whether these predictive mechanisms extend to conversational planning.
- The project therefore bridges computational modeling, large-scale neural dynamics, and interactive language processing.

**APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026
CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant**

Mots clés – Keywords

Traitement prédictif, hiérarchie temporelle, langage, musique, décodage neuronal, dynamique de population, iEEG, MEEG, surprise, entropie, conversation

Predictive processing, temporal hierarchy, language, music, neural decoding, population dynamics, intracranial recordings, MEG, surprise, entropy, conversation

Thématique / Domaine / Contexte - Theme / Field / Context

Ce projet s'inscrit dans le champ des neurosciences cognitives computationnelles et du traitement dynamique de l'information cérébrale. Il se situe à l'interface entre :

- Neurosciences du langage
- Neurosciences de la musique
- Dynamique de populations neuronales
- Modélisation computationnelle et apprentissage profond
- Analyse multi-échelle des signaux cérébraux

Il s'appuie sur des enregistrements intracrâniens (iEEG) et MEEG dans des paradigmes naturalistes (écoute de parole, musique, interaction conversationnelle).

The project lies at the intersection of computational cognitive neuroscience, language neuroscience, music cognition, and large-scale neural dynamics. It combines intracranial and MEG recordings with advanced computational modeling approaches to investigate predictive hierarchical processing in naturalistic settings.

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Objectifs

- Capitaliser sur des modèles prédictifs hiérarchiques existants pour la musique et le langage, développés au sein du laboratoire, et les intégrer dans un cadre commun permettant l'extraction de variables prédictives comparables (surprise, entropie, précision) à différents niveaux de représentation.
- Identifier les signatures neuronales multi-échelles de ces variables prédictives dans l'activité haute fréquence et les oscillations cérébrales.
- Caractériser l'organisation distribuée et la propagation réseau associées au traitement prédictif.
- Comparer systématiquement les dynamiques neuronales du langage et de la musique afin d'identifier mécanismes partagés et spécificités.
- Explorer l'extension de ces mécanismes vers la préparation conversationnelle et la planification de la parole.

- Build upon previously developed predictive models of language and music within the laboratory, and integrate them into a unified framework enabling the extraction of directly comparable predictive variables across domains.
- Identify their multi-scale neural signatures in high-frequency activity and oscillatory dynamics.
- Characterize distributed network propagation patterns associated with predictive processing.
- Compare neural dynamics of language and music to identify shared and domain-specific mechanisms.
- Extend findings toward conversational planning and speech preparation.

Méthode – Method

Le projet combinera :

Modélisation computationnelle séquentielle (RNN, Transformers), extraction de variables informationnelles (surprise, entropie hiérarchique), décodage neuronal multivarié (SVM, Ridge, LDA), analyse temps-fréquence multi-échelle (wavelets, superlets), modélisation de variables latentes (VAE), analyse de propagation réseau et dynamique de population.

Les analyses seront réalisées sur des données iEEG et/ou MEG issues de paradigmes naturalistes (parole, musique, conversation).

Une structuration temporelle du projet est prévue :

Année 1 : modélisation prédictive et analyses perceptives.

Année 2 : implémentation neuronale multi-échelle.

Année 3 : extension vers la dynamique conversationnelle.

The project will combine sequential computational modeling (RNNs, Transformers), information-theoretic measures (surprise, entropy), multivariate neural decoding, multi-scale time-frequency analyses, latent variable modeling (VAE), and network propagation analyses.

Data will include intracranial and/or MEG recordings collected during naturalistic speech, music, and conversational paradigms.

The PhD will be structured progressively from perception modeling to multi-scale neural implementation and finally toward conversational dynamics.

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Références bibliographiques

Caucheteux, C., & King, J. R. (2022). Brains and algorithms partially converge in natural language processing. *Communications biology*, 5(1), 134.

Giroud, J., Trébuchon, A., Mercier, M., Davis, M. H., & Morillon, B. (2024). The human auditory cortex concurrently tracks syllabic and phonemic timescales via acoustic spectral flux. *Science advances*, 10(51), eado8915.

Gwilliams, L., Marantz, A., Poeppel, D., & King, J. R. (2025). Hierarchical dynamic coding coordinates speech comprehension in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(42), e2422097122.

Lorenz, A., Mercier, M., Trébuchon, A., Bartolomei, F., Schön, D., & Morillon, B. (2025). Corollary discharge signals during production are domain general: An intracerebral EEG case study with a professional musician. *Cortex*, 186, 11-23.

Neri, M., Runfola, C., te Rietmolen, N., Sorrentino, P., Schon, D., Morillon, B., & Rabuffo, G. (2023). Neuronal avalanches in naturalistic speech and music listening. *bioRxiv*, 2023-12.

Runfola, C., Neri, M., Schön, D., Morillon, B., Trébuchon, A., Rabuffo, G., ... & Jirsa, V. (2025). Complexity in speech and music listening via neural manifold flows. *Network Neuroscience*, 9(1), 146.

Te Rietmolen, N., Mercier, M. R., Trébuchon, A., Morillon, B., & Schön, D. (2024). Speech and music recruit frequency-specific distributed and overlapping cortical networks. *Elife*, 13, RP94509.

Zalta, A., Large, E. W., Schön, D., & Morillon, B. (2024). Neural dynamics of predictive timing and motor engagement in music listening. *Science Advances*, 10(10), eadi2525.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche - Scientific, material, and financial conditions of the research project

Le projet bénéficiera :

- De données intracrâniennes et EEG existantes.
- D'un environnement de recherche en neurosciences cognitives computationnelles.
- D'un encadrement spécialisé en neurosciences du langage et de la musique.
- D'infrastructures de calcul adaptées aux analyses intensives en apprentissage profond.

The project will benefit from access to intracranial and MEG datasets, computational infrastructure for advanced modeling, and supervision in language and music neuroscience within a computational cognitive neuroscience environment.

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026
CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

- Solides compétences en programmation scientifique (Python, MNE, PyTorch).
- Expérience en décodage neuronal ou analyse multivariée.
- Connaissances en traitement du signal et dynamique temporelle.
- Intérêt marqué pour le langage, la musique et la modélisation computationnelle.
- Autonomie et motivation pour un projet théorique et méthodologique ambitieux.

Strong programming skills (Python, MNE, PyTorch), experience in neural decoding or multivariate analysis, background in signal processing and temporal dynamics, and strong motivation for computational modeling of language and music.