

• PROPOSITION DE SESSION | SESSION PROPOSAL •

Send to: houches-secretariat@univ-grenoble-alpes.fr with copy to salomon@lkb.ens.fr

Titre | Title

Structures jointes et socle commun de la physique statistique, de la géométrie de l'information et de l'inférence pour l'apprentissage

Thème | Subject

La conférence adressera les thèmes suivants :

- Structures géométriques de la physique statistique et de l'Information
 - Mécanique Statistique et Mécanique Géométrique
 - Thermodynamique, Géométrie Symplectique et de Contact
 - Thermodynamique des groupes de Lie
 - Thermodynamique relativiste et des milieux continus
 - Intégrateurs Symplectiques
- Structures physiques de l'inférence et l'apprentissage
 - Gradient stochastique de la dynamique de Langevin
 - Géométrie de l'information, métrique de Fisher et gradient naturel
 - Méthodes de Monté-Carlo Hamiltonniennes
 - Inférence variationnelle et contrôles hamiltonien
 - Machine de Boltzman

Durée | Duration

5 jours

Dates souhaitées | Preferred dates

26 juillet au 1 Aout 2020

Organisateurs | Organizers

Frédéric Barbaresco, THALES, Palaiseau, frederic.barbaresco@thalesgroup.com,
06 30 07 14 19


Roger Balian, CEA & Académie des Sciences, Paris, lr@balian.fr


Eric Moulines, Ecole Polytechnique, CMAP, Palaiseau,
eric.moulines@polytechnique.edu


Bernhard Maschke, Université Claude Bernard, Lyon, bernhard.maschke@univ-lyon1.fr, 04 72 43 18 66

François Gay-Balmaz, Ecole Normale Supérieure, CNRS & LMD, Paris, 01 44 32 22 66, francois.gay-balmaz@lmd.ens.fr

Ecole de Physique des Houches

 <https://houches.univ-grenoble-alpes.fr/>

 149 Chemin de la Côte, F-74310 Les Houches

 (+33/0) 4 57 04 10 40

Gery de Saxcé, Université de Lille, Département de mécanique,
gery.desaxce@univ-lille1.fr

Patrick Iglesias-Zemmour, Université de Marseille, Département de Physique,
Marseille, patrick.iglesias-zemmour@univ-amu.fr

Frank Nielsen, Ecole Polytechnique, LIX, Palaiseau, nielsen@lix.polytechnique.fr

Silvère Bonnabel, Mines ParisTech, laboratoire de robotique,
silvere.bonnabel@mines-paristech.fr

Justification scientifique / contexte international

Scientific rationale / international context

Au milieu du siècle dernier, Léon Brillouin dans « La science et la théorie de l'information » ou André Blanc-Lapierre dans « Mécanique Statistique » ont tissé en précurseurs les premiers liens entre Théorie de l'Information et Physique Statistique.

Dans le cadre de l'Intelligence Artificielle, les algorithmes d'apprentissage machine utilisent de plus en plus des outils méthodologiques venant de la Physique ou la Mécanique Statistiques. Les lois et principes qui fondent cette Physique peuvent éclairer d'un jour nouveau les bases conceptuelles de l'Intelligence Artificielle. Ainsi, les principes de Maximum d'Entropie, de Minimum d'Energie Libre, les potentiels Thermodynamiques de Gibbs-Duhem et la généralisation des notions de fonctions caractéristiques de François Massieu enrichissent le formalisme variationnel de l'apprentissage machine. Inversement, les écueils rencontrés par l'Intelligence Artificielle pour étendre ses domaines d'applications, interrogent les fondements de la Physique Statistique, comme par exemple la construction de gradient stochastiques en grande dimension, la généralisation des notions de densités de Gibbs dans des espaces de représentation plus élaborés comme les données sur des variétés différentielles ou symplectiques homogènes, des groupes de Lie, des graphes, des tenseurs,....

Des modèles statistiques sophistiqués ont été introduits très tôt pour traiter des tâches d'apprentissage non supervisées en lien avec les modèles d'Ising-Potts (le modèle de Ising-Potts modélise l'interaction de spins arrangés sur un graphe) de la Physique Statistique et plus généralement les champs de Markov. Les modèles d'Ising y sont associés à la théorie des champs moyens (étude des systèmes aux interactions complexes par l'intermédiaire de modèles simplifiés dans lesquels l'action du réseau complet sur un acteur est résumée par une unique interaction moyenne au sens du champ moyen).

La porosité entre les deux disciplines a été établie dès la naissance de l'Intelligence Artificielle avec l'utilisation de machines de Boltzmann et le problème de méthodes robustes pour le calcul de fonction de partition. Plus récemment, les algorithmes de gradient pour l'apprentissage par réseaux de neurones utilisent des extensions robustes à grande dimension du gradient naturel de la Géométrie de l'Information basée sur la matrice de Fisher (pour assurer l'invariance par

reparamétrisation), et du gradient stochastique basé sur l'équation de Langevin (pour assurer la régularisation), ou leur couplage appelé « Dynamique de Langevin naturelle ».

De façon concomitante, lors des cinquante dernières années, la Physique Statistique a été l'objet de nouvelles formalisations géométriques (géométrie de contact ou symplectique,...) pour essayer de donner une nouvelle formalisation covariante à la thermodynamique des systèmes dynamiques. On peut citer l'extension des modèles symplectiques de la Mécanique Géométrique à la Mécanique Statistique, ou d'autres développements comme la Mécanique Aléatoire, la Mécanique Géométrique dans sa version Stochastique, la modélisation géométrique des phénomènes de transition de phase.

Nous faisons enfin référence à la Physique Statistique Computationnelle qui utilise des méthodes numériques efficaces pour l'échantillonnage de mesures de probabilités en grande dimension et multimodales (échantillonnage de mesures de Boltzmann-Gibbs et les calculs d'énergie libre, de dynamiques métastables et des événements rares, ...) et l'étude d'intégrateurs géométriques (dynamique Hamiltonienne, intégrateurs symplectiques,...) possédant de bonnes propriétés de covariances et de stabilité (utilisation des symétries, préservation des invariants, ...). Les processus d'inférence en apprentissage machine commencent tout juste à adapter ces nouveaux schémas d'intégration et leurs remarquables propriétés de stabilité dans des espaces de représentation des données de plus en plus abstraits.

L'Intelligence Artificielle n'utilise actuellement qu'une portion très limitée des outils conceptuels et méthodologiques de la Physique Statistique. L'objet de cette conférence est d'encourager le dialogue constructif autour d'un socle commun, pour permettre l'établissement de nouveaux principes et lois régissant les deux disciplines dans une approche unifiée. Mais, il s'agit également d'explorer de nouveaux chemins de traverse.

Programme & intervenants potentiels | *Prospective program & speakers*

1-2 pages

- **Roger Balian** (CEA) – *Physique statistique et quantique, métrique de Fisher quantique et potentiels de Massieu*
- **Bernhard Maschke** (Université Claude Bernard Lyon 1) – Contrôle Hamiltonien homogène et modèle Symplectique de Balian-Valentin de la physique statistique
- **Frédéric Barbaresco** (THALES) – Modèle symplectique de la thermodynamique et métrique de Fisher-Souriau pour l'apprentissage sur des groupes de Lie
- **Gery de Saxcé** (Université de Lille) – Equations d'Euler-Poincaré pour les groupes de Lie avec une cohomologie symplectique non nulle – application à la mécanique statistique.

- **François Gay-Balmaz** (ENS Ulm) - Des formulations variationnelles pour la thermodynamique hors équilibre des systèmes simples
- **Patrick Iglesias-Zemmour** (Université de Marseille) - Équilibres statistiques et géométrie symplectique en relativité générale
- **Eric Moulines** (Ecole Polytechnique) - Les promesses et les pièges du gradient stochastique Dynamique Langevin
- **Silvère Bonnabel** (Mines ParisTech) - Filtre de Kalman étendu Invariant sur les groupes de Lie
- **Frank Nielsen** (Ecole Polytechnique & Sony CLS)- Structures géométriques de l'Information
- **Yann Ollivier** (FACEBOOK FAIR Paris)- Gradient naturel et matrice de Fisher en grande dimension et dynamique de Langevin naturelle pour l'apprentissage
- **Fabrice Gamboa** (Institut Mathématique de Toulouse) - Extension de la notion de profondeur statistique pour les variétés Riemanniennes.
- **Samuel Livingstone** (University College London) - Géométrie des méthodes de Monté-Carlo Hamiltonniennes et flot symplectique de préservation de la mesure
- **Alain Durmus** (Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay) - Ergodicité géométrique et gradient stochastique de la dynamique de Langevin
- **Giulio Biroli** (CEA et ENS Ulm) - Dynamique de Langevin du Perceptron et équations dynamiques du champ moyen
- **Marc Mézard** (ENS Ulm) - *Physique Statistique de l'inférence*
- **Lenka Zdeborova** (CEA) - *Physique statistique de l'apprentissage machine*
- **Andrea Montanari** (Université de Stanford) - *Energie Libre, verres de spin et inférence variationnelle*
- **Sebastian Goldt** (CEA et CNRS) - *Efficacité Thermodynamique d'apprentissage dans un réseau de neurones*
- **Aurélien Decelle** (Université Paris XI) - *Propriétés Thermodynamiques des machines de Boltzman et des dynamiques d'apprentissage associées*
- **Mark Girolami** (Imperial College of London) - *Dynamique Hamiltonienne, intégrateurs Symplectiques et gradient d'apprentissage*
- **Tony Lelièvre** (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées) - *Méthodes de Monte-Carlo Hybrides pour l'échantillonnage de mesures de probabilités sur des sous-variétés*
- **Frédéric Cazals** (INRIA) - *Echantillonnage de mesures de probabilités en grande dimension et énergie libre*

- **Charles-Michel Marle** (Sorbonne Université) - Thermodynamique des groupes de Lie et Géométrie de Poisson
- **Alain Chenciner** (Observatoire de Paris) – Equilibre relatif et bifurcation en grande dimension : application moment et moment fréquentiel
- **Marc Arnaudon** (Université de Bordeaux) – Mesure de Gibbs sur les variétés différentielles et p -moyennes
- **Eric Vanden-Eijnden** (Courant Institute) – Modèle de réseaux de neurones comme des systèmes de particules en interaction
- **Florent Krzakala** (ENS Ulm et Sorbonne Université) – Performances des dynamiques de Langevin pour l'inférence en grande dimension
- **Vasily Pestun** (IHES)- Modèle statistique quantique pour le langage naturel par MPS (matrix-product-states)
- **Erwan Scornet** (Ecole Polytechnique) et **Gérard Biau** (Sorbonne Université) – Forêts aléatoires neuronales
- **Konstantinos Spiliopoulos** (Université de Boston) – Analyse en Champs Moyens des réseaux de neurones
- **Laurent Massoulié** (INRIA) – Inférence dans les graphes
- **Eva Löcherbach** (INRIA) - modèles stochastiques des réseaux de neurones en interaction
- **Karl Friston** (University College de Londres) -Energie Libre et modèle de gauge du cerveau

Public visé | *Intended audience*

Number of students, postdocs, junior academics, senior academics:

30 orateurs seniors ou émérites
20 auditeurs académiques juniors et seniors
20 thésards et Postdocs

Contexte | *Context*

Nous avons organisé depuis 2011 de nombreuses conférences en France sur ce thème afin de fédérer la communauté interdisciplinaire entre géométrie, probabilité, théorie de l'information et physique statistique:

- Conférence Franco-Indienne MAG'11 « **Matrix Information Geometry** » à l'Ecole Polytechnique :
<https://www.lix.polytechnique.fr/~nielsen/MIGBOOKWEB/>
- MaxEnt'14 « **Maximum Entropy** » au Cloc-Lucé à Amboise :
<https://www.see.asso.fr/maxent14>
- Conférence SMF GSI'13, GSI'15 et GSI'17 « **Geometric Science of Information** » à l'Ecole Polytechnique et l'Ecole des Mines de Paris :

- <https://www.see.asso.fr/en/gsi2013> ;
<https://www.see.asso.fr/en/gsi2015> ; <https://www.see.asso.fr/gsi2017>
- Séminaire TGSI'17 « **Topological and Geometrical Structures of Information** » au CIRM à Luminy : <http://forum.cs-dc.org/topic/361/tgsi2017-presentation-organisation-abstract-submission>
 - FGSI'19 "**Foundation of Geometric Structures of Information**" à l'IMAG de Montpellier: <https://fgsi2019.sciencesconf.org/>
 - Conférence SMF GSI'19 à Toulouse intégré au semestre du labex CIMI « Statistics with Geometry and Topology » : <https://perso.math.univ-toulouse.fr/statistics-geometry-and-topology/> ;
<https://www.see.asso.fr/en/GSI2019>

Enregistrement vidéo des cours / *video recording of lectures*

The auditorium has a video recording capability that can be activated under the organizer's responsibility and lecturer approval. The Les Houches School of Physics runs a library of video lectures accessible on YouTube.

Nous prévoyons de réaliser des enregistrements vidéos de orateurs invités avec leur accord (comme nous l'avons fait pour GSI'17: <https://www.youtube.com/channel/UCnE9-LbFRqtaes49cN2DVg/videos>).

Financement envisagé | *Expected funding*

Source and level

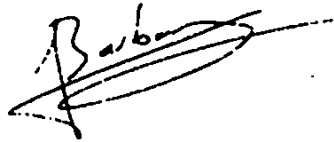
Sources de financement envisagé:

- 3IA INITI de Toulouse : 5 Keuros
- DATAIA de Paris-Saclay : 5 Keuros
- GDR CNRS ISIS & MIA : 5 Keuros
- Agence d'Innovation de Défense (MRIS) : 5 Keuros
- Industriels :
 - CEA : 5 Keuros
 - THALES : 5 Keuros
 - EDF R&D : 5 Keuros

Engagement | *Agreement*

The Ecole de Physique des Houches is funded by Université Grenoble Alpes, Grenoble-INP, ENS Lyon, CNRS and CEA. By signing this application form, you

undertake to ensure that the registration fees of your session will be used in compliance with the school's non-profit mission.



Signature:
(Frédéric Barbaresco, Limours 30/04/2019)

Please, read our organisation guidelines:
[Organization guides \(in French\)](#)