

APPRENTISSAGE PROFOND

Par Kévin Bouchard Ph.D.

Professeur titulaire en intelligence artificielle et apprentissage automatique

Laboratoire d'Intelligence Ambiante pour la reconnaissance d'activités (LIARA)

Directeur de l'Espace innovation en technologies numériques Hydro-Québec

Président du Regroupement québécois des maladies orphelines (RQMO)

Université du Québec à Chicoutimi

www.Kevin-Bouchard.ca

Kevin_Bouchard@uqac.ca

CONTENU DE LA LEÇON #1

****Vous apprendrez:****

- Dans cette leçon, nous allons discuter du format de la classe.
- Vous en apprendrez plus sur votre professeur et ses travaux de recherche.
- Nous essaierons également de définir l'apprentissage profond comme un sous-domaine de l'intelligence artificielle.

****Contenu spécifique:****

- Présentation de la classe
- Une brève histoire de moi-même
- Quelques projets de recherche
- Qu'est-ce que le DL
- Par rapport au ML et à l'IA
- Applications, défis et perspectives

QUI EST VOTRE PROFESSEUR?

****Principaux intérêts****

- Intelligence ambiante
 - Maisons intelligentes
 - Villes intelligentes
 - Reconnaissance d'activités
- Apprentissage automatique
 - Transformation des données
 - Filtrage, fusion
 - Architectures
- Applications industrielles du ML
 - Exploitation minière
 - Électricité

****Positions académiques et diplômes****

- Professeur invité – Juillet 2023 à Décembre 2023
Artificial Intelligence Institute, University of Waikato, New Zealand
- Scientifique – Octobre 2015 à Août 2016
Center for SMART Health, University of California Los Angeles, CA, USA
- Postdoc – Août 2015 à Octobre 2016
Center for Advanced Studies in Adaptive Systems (CASAS),

Washington State University, WA, USA

– Postdoc – Juillet 2014 à Juillet 2015

Domotique et informatique mobile lab (DOMUS) Université de Sherbrooke, QC, Canada

– BSc, MSc, PhD – à Juillet 2014

Laboratoire d'intelligence ambiante pour la reconnaissance d'activités (LIARA), Université du Québec à Chicoutimi, QC, Canada

MES GROUPES FAVORIS

[La diapositive montre plusieurs pochettes d'albums de groupes de musique incluant Haken, Ziltron, Ayreon, Avantasia, Therion, Rhapsody, Genesis et d'autres groupes de rock progressif et métal]

LE LIARA

****Notre expertise****

Le laboratoire LIARA est un laboratoire de prototypage qui travaille à la création de nouvelles technologies et d'algorithmes pour les maisons intelligentes destinées au maintien à domicile. L'équipe crée et utilise toutes sortes de capteurs, construit de petits prototypes et les teste avec des personnes dans la maison intelligente de l'UQAC.

Les meilleurs prototypes sont ensuite utilisés avec nos universités partenaires pour des essais cliniques réels.

****Partenaires****

– Université de Montréal

– Université de Sherbrooke

– HEC Montréal

– 6 Professeurs

– Toujours autour de 20 étudiant-es (BSc, MSc, PhD)

– +10 partenariats

– Plus de 250 articles scientifiques

NOTRE HABITAT INTELLIGENT EN CLINIQUE

****Capteurs et effecteurs****

[Image montrant des capteurs intelligents dans un appartement]

****Données****

– MQTT Broker

– Kafka

****Prétraitement****

– Apache Spark

– Batch Process

****Services et algorithmes****

[Diagramme montrant le flux de données des capteurs vers une base de données MongoDB, puis vers des systèmes de traitement et d'analyse]

+ 40 000 000 DE DONNÉES

Collectées dans un contexte naturaliste!

40 HABITATS INTELLIGENTS DÉPLOYÉS

Utilisé réellement pour des personnes semi autonome, 70% des femmes avec une forme de démence

Basé sur des ensembles de capteurs simples

BEAUCOUP D'AUTRES EN DÉVELOPPEMENT...

Projet ville intelligente->Côte-St-Luc (30 d'habitats)
En 2024-2025, une cinquantaine de plus à travers le Québec!

EXEMPLE DE PROJET: VILLE INTELLIGENTE

- Identifier les personnes vulnérables dans la ville à partir de nœuds de capteurs
 - Détection de comportements dangereux
 - Détection de personnes en détresse

[Images montrant des capteurs et des images thermiques détectant des personnes]

TRAVAUX DE RECHERCHE EN GÉOLOGIE

- En minéralogie:
[Images montrant des analyses de minéraux avec segmentation]

... EN PÉTROLOGIE

- Pas de publication mais nous travaillons sur l'extraction de caractéristiques objectives sur les éléments
- Nous travaillons aussi sur différents types de segmentation et de représentation de données

[Images montrant des échantillons de roches analysés]

ESPACE INNOVATION HYDRO-QUÉBEC

- Travaux sur à peu près tous les aspects
- Production et efficacité énergétique
- Résilience et robustesse du réseau
- Cybersécurité défensive
- Partage et traçabilité des données

QUELQUES ARTICLES RÉCENTS

[Liste détaillée de 16 publications scientifiques récentes dans divers domaines incluant la détection de chutes, la reconnaissance d'activités humaines, la segmentation de grains minéraux, etc.]

SOMMAIRE DU COURS 8INF887

****Ce qu'il est utile de savoir pour suivre ce cours :****

- Avoir des bases d'apprentissage automatique (8INF867)
- Mathématiques de base : algèbre linéaire et équations différentielles.
- (Optionnel) Une certaine culture de l'intelligence artificielle en tant que domaine.

****Conseils pour réussir dans ce cours :****

1. Prenez des notes pendant le cours.
2. Ne retardez pas votre compréhension ; posez des questions !
3. N'hésitez pas à chercher en ligne des explications alternatives.
4. Pratiquez, pratiquez, pratiquez !

L'APPRENTISSAGE PROFOND

Comment définir l'apprentissage profond, en particulier en relation avec l'apprentissage automatique et d'autres domaines de l'IA?

NEURONES

Bon, donc, qu'est-ce qui se passe de différent maintenant pour qu'on en parle autant?

Que sont les neurones artificiels et pourquoi ils ont provoqué un changement de paradigme en intelligence artificielle?

Nous détenions la clé depuis déjà un bon moment, il s'agit de la capacité à apprendre à bien représenter l'information!

APPRENTISSAGE PROFOND

- L'apprentissage profond (deep learning) est un sous-domaine de l'apprentissage automatique qui repose sur des réseaux de neurones artificiels

- On compose cependant nos modèles de plusieurs couches hiérarchiques pour extraire des caractéristiques et effectuer des prédictions

- Permet d'apprendre des représentations complexes à partir de données brutes

- Le deep learning est particulièrement adapté pour les problèmes où les données sont complexes et expressives

- Le deep learning est State-of-the-art (SOTA) pour de très nombreux problèmes de:

- Vision artificielle
- Traitement du langage naturel
- Robotique, etc.

OÙ SOMMES NOUS EXACTEMENT?

[Diagramme concentrique montrant les relations entre:]

****Intelligence artificielle****

- Systèmes experts
- Vision artificielle
- Planification, etc.

****Apprentissage automatique****

- Arbres, régression, etc.
- Clustering, règles d'association

****Representation learning****

- Réseau de neurones artificiels
- Manifold learning

****Deep Learning****

- Perceptron multicouche
- RNN, CNN, GAN, Transformeurs

[DIAGRAMME DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE]

[Schéma montrant l'intelligence artificielle au centre avec différentes branches:]

- Apprentissage automatique (Non supervisé, Supervisé, Renforcement)
- Perception (Vision, Robotique & Domotique, Langage naturel, Exploration)
- Planification (Classique et ordre partiel, Reconnaissance de plans, Reconnaissance d'activités)
- Résolution de problèmes (Satisfaction de contraintes)
- Représentation de connaissances (Ontologie, Systèmes de recommandation)

JUSTIFICATION?

- La justification est la même que pour l'apprentissage automatique classique!
- Nous souhaitons faire des agents apprenants afin de pallier différentes difficultés
 - Il est difficile, voire impossible de codifier l'expertise humaine
 - Certains environnements sont inconnus
 - (e.g.: un robot explore un nouveau bâtiment)
 - Nous souhaitons qu'un agent s'améliore avec l'expérience
 - (e.g.: on peut programmer un agent pour jouer aux échecs, mais il pourrait s'améliorer en jouant contre de meilleurs joueurs)
- Anticipation: des situations, des changements!

COMPARAISON ML VS DL

Aspect	Apprentissage automatique	Apprentissage profond
Données	Il faut que les données soient préparées: features, statistiques, format de l'entrée.	Travail souvent directement avec les données brutes (images, textes, sons). Les représentations sont

appries. |
Architecture	Modèles aux propriétés diverses, mais généralement rapides et (relativement) simple.	Modèles tous basés sur les neurones artificiels agencés en architectures parfois très complexes et lourdes.
Complexité des données	Nécessite généralement des vecteurs de taille fixe et la plupart des méthodes sont moins adaptées aux données complexes.	Fonctionne particulièrement bien avec les données riches et complexes. Supporte des formats variés.
Interprétabilité	Assez facile à obtenir (surtout les arbres).	Modèles boîtes noires.
Calcul	CPU standards, la mémoire est souvent la limite.	Nécessite souvent du matériel spécialisé tel que des GPU et des TPU.

APPLICATIONS EMBLÉMATIQUES

- Santé et sciences biomédicales:
 - Analyse génomique
 - Prédiction de maladies
 - Robots chirurgicaux
- Transport et logistique :
 - Véhicules autonomes
 - Navigation moderne (Amazon, UPS), détection d'incidents sur les routes
- Énergie et environnement :
 - Prévsiion de la consommation énergétique
 - Détection des anomalies dans les réseaux
 - Analyse du couvert forestier
- Finance et économie :
 - Détection des fraudes
 - Prédiction des cours boursiers et trading automatique

APPLICATIONS EMBLÉMATIQUES

- Industrie et fabrication :
 - Détection de défauts (alliage, soudage, etc.)
 - Maintenance prédictive
- Divertissement et création de contenu :
 - Système de recommandation sophistiqué (Netflix, Tik Tok, Spotify, etc.)
 - Génération d'animations, de textures, etc.
 - Génération de contenus dans les jeux vidéo
- Sécurité et défense :
 - Cybersurveillance des systèmes et du Web
 - Analyse d'imagerie satellite à des fins militaires
 - Surveillance par imagerie (caméra dans les pénitenciers fédéraux)

- Sciences fondamentales et recherche :
 - Modélisation de systèmes moléculaires
 - Optimisation des modèles climatiques ou météorologiques

COMPOSANTS CLÉS

- Tout système d'apprentissage profond dépend de 4 composants
- Données:
 - Pour apprendre! Doivent être représentées numériquement
 - Malédiction de la dimensionalité – relation exponentielle
- Modèles:
 - La transformation automatique des données (entrées → sorties)
 - Le cours se concentre en majeure partie sur ce volet
- Fonctions objectives:
 - Quantification de la performance du modèle; comment apprendre autrement?
 - Souvent appelé fonctions de pertes en DL (loss functions)
- Algorithmes d'optimisation:
 - Comment mettre à jour le modèle? Relativement simple en DL, mais essentiel!

DÉFIS DU DEEP LEARNING

- Avons-nous en 2025 des « vraies » IA grâce au DL?
- Strong vs weak AI
 - Compréhension et intelligence de niveau humain
 - Vs performance
- L'intelligence incorpore les erreurs!
 - Le mécanisme d'oubli est aussi important que celui de la mémoire
 - Les êtres intelligents font des erreurs, des approximations et des mensonges
 - L'intelligence émerge d'informations partielles

DÉFIS DU DEEP LEARNING

- Il faut une augmentation exponentielle des paramètres pour augmenter logarithmiquement la performance
 - Même chose pour les données!

Paramètres	Changement	Justesse	Gain marginal
10000		70,5%	
50000	500%	82%	11,5%
500000	1000%	89,2%	7,2%
10000000	2000%	93%	3,8%
100000000	1000%	93,7%	0,7%

Image: Villalobos, P., Sevilla, J., Besiroglu, T., Heim, L., Ho, A. and Hobbhahn, M., 2022. Machine learning model sizes and the

parameter gap. arXiv preprint arXiv:2207.02852.

DÉFIS DU DEEP LEARNING

- La stérilisation potentielle du Web et des médias sociaux
 - Les modèles sont de plus en plus dépendants des données
 - Mais plus ils en génèrent, plus ils stérilisent les plateformes
- L'accessibilité, la démocratisation et la concentration
 - Contrairement à ce qui est souvent véhiculé, l'IA n'a jamais été aussi peu accessible
 - On ne peut plus reproduire les résultats, ni contribuer significativement au SOTA
 - Si la tendance se maintient, ce sera un quasi-monopole entre quelques gros joueurs
- Perte de confiance et résistance à l'adoption
 - La peur (fondée ou non), les impacts, etc. pourraient forcer les gouvernements à légiférer défavorablement
 - L'éthique et les accidents/erreurs graves pourraient replonger l'IA dans un hiver technologique

PERSPECTIVES

[Image à gauche: "Perspectives" en vertical]

D'un point de vue scientifique, l'IA continuera probablement de changer fondamentalement presque toutes les disciplines.

À court terme, les industries créatives risquent de changer drastiquement. Cependant, elle est limitée par son fonctionnement probabiliste.

Au niveau économique, c'est une industrie qui risque de croître et les joueurs incapables de s'adapter disparaîtront (comme toujours).

L'informatique quantique pourrait provoquer un changement de paradigme encore plus importants en affectant l'IA et la cybersécurité.

CONCLUSION

- Moins de questions répondues que ce qu'il n'en reste, mais la vérité, c'est qu'il est très difficile de définir l'IA ou même de savoir où nous nous rendrons
- Les prédictions vieillissent d'ailleurs assez mal:
- « [...] the simplest way I can summarize is to say that there are now in the world machines that think, that learn, and that create. »
 - Simon H., 1957
- « Nevertheless, we consider it to be an important research problem to elucidate (or reject) our intuitive judgment that the extension

[from one layer to many] is sterile. » – Minsky & Papert 1969 à propos des MLP

RÉFÉRENCES ORIGINALES

| Sur l'échec des MLP | Minsky M, Papert S. 1969 Perceptrons: an introduction to computational geometry. Cambridge, MA: MIT Press. |

|-----|-----|
-----|

| Citation de Simon | Simon, H.A., 1957. Models of man: social and rational; mathematical essays on rational human behavior in society setting. New York: Wiley. |

| Taille des modèles | Villalobos, P., Sevilla, J., Besiroglu, T., Heim, L., Ho, A. and Hobbhahn, M., 2022. Machine learning model sizes and the parameter gap. arXiv preprint arXiv:2207.02852. |