

---

# PRÉFACE

---

Cet ouvrage a commencé comme le tome deux des *réseaux de neurones*<sup>1</sup> annoncé « à paraître » lors de la parution en 1994 du premier volume. En commençant d'écrire, le premier auteur (Hervé) s'est rendu compte qu'il fallait d'abord présenter les techniques mathématiques utilisées pour décrire et analyser les modèles qu'il voulait introduire dans ce deuxième tome. Parallèlement, les deux auteurs se sont trouvés à enseigner (à Dallas, à Dijon, et de ci de là) des cours sur la modélisation, les réseaux de neurones, et les techniques quantitatives. En intégrant et développant les notes de ces différents cours nous sommes arrivés à l'organisation de ce volume. L'idée générale est de présenter les techniques importantes pour les sciences cognitives en les intégrant toujours dans des applications pertinentes. Parmi ces dernières, les réseaux de neurones et leurs dérivés restent essentiels. Récemment, les sciences cognitives et les neurosciences se sont particulièrement développées grâce aux techniques de l'imagerie cérébrale qui, donc, se devaient de faire partie de ce volume. Comme les applications importantes pour les sciences cognitives touchent aussi au traitement du signal, à l'informatique et à la statistique, les étudiants et chercheurs de ces domaines pourront aussi s'intéresser au présent ouvrage.

L'utilisation et la compréhension des modèles mathématiques ou statistiques ne se conçoit plus sans ordinateur. Nous avons, par conséquent, décidé d'orienter notre présentation de manière à rendre les concepts mathématiques facilement opérationnels et traduisibles en algorithmes. Comme matrices et vecteurs constituent probablement la boîte à outils de base pour l'étude des réseaux de neurones, mais aussi pour la plupart des applications modernes des mathématiques, nous avons décidé d'en faire l'essentiel de notre présentation. Toutefois nous avons aussi décidé de ne pas suivre l'approche traditionnelle pour présenter ces concepts, mais de les lier directement aux applications. Ainsi, nous avons choisi de présenter des notions essentielles (pour les sciences cognitives) qui pourtant se trouvent rarement ou jamais dans les manuels standards. C'est le cas, par exemple, des produits tensoriels (ou de Kronecker), des produits de Hadamar, des

---

<sup>1</sup>i.e., Abdi H. (1994). *Les réseaux de neurones*. P.U.G.

**Toto***(19??-???)*

Personnage mythique de la culture française. Connus pour avoir été en bateau et être tombé à l'eau. Utilisés, par défaut, comme auteurs ou protagonistes de nombreuses histoires parfois à prétentions humoristiques. L'origine du nom « Toto », serait le comédien éponyme italien de l'avant-guerre : Totò (de son vrai nom Antonio de Curtis, 1898–1967), mais les auteurs n'ont pas vérifié cette hypothèse de recherche intéressante.

Démonstration

*Les instructions MATLAB sont données dans des notes de marges avec une police de caractères spéciale. Comme, par exemple :*  
`X=ones(5,1).`

notions de pseudo-inverse, des dérivées symboliques et matricielles mais surtout des produits de convolution (comment faire du traitement de l'image et du signal et comment étudier la vision sans eux), et aussi de la transformée discrète de Fourier (pas de musique enregistrée sans elle).

Les concepts mathématiques et scientifiques sont créés (ou découverts suivant les opinions) par des êtres humains. Mais, traditionnellement, ces concepts sont présentés sans relation avec l'histoire. Pour rendre notre présentation plus concrète, nous avons ajouté des notes historiques (en début de plusieurs chapitres) et des notes biographiques lorsque nous citons des auteurs importants (pour ne blesser aucune sensibilité, seuls les auteurs clairement décédés ont droit à ces notes). Ces notes se présentent comme la note (fictive) ci-contre. Pour écrire ces notes biographiques nous avons utilisé le merveilleux site internet [MacTutor History of Mathematics Archive](http://MacTutorHistoryofMathematicsArchive) (une véritable mine), et aussi Dhombres et Robert (1998), Grattan-Guinness (1997, 1972), Herivel (1975), et James (2003).

Pour faciliter l'utilisation de ce livre comme manuel de référence, nous avons ajouté un glossaire dans lequel les notions essentielles présentées dans ce livre (et quelques unes qui sont là au cas où) sont définies.

Ainsi, ce livre détaille les définitions et propriétés du calcul matriciel nécessaires pour la compréhension et modélisation dans les sciences cognitives et les neurosciences avec des applications aux réseaux de neurones, au traitement du signal, à l'imagerie cérébrale, et à la statistique multivariée. Chaque notion est illustrée par un ou plusieurs exemples numériques.

Certaines démonstrations sont esquissées (essentiellement celles qui décrivent les techniques de base), mais toutes ne sont pas détaillées. La bibliographie (à la fin du livre) donne les sources qui permettent de retrouver les démonstrations détaillées et d'approfondir les notions présentées.

Lorsque l'on présente des démonstrations, elles sont imprimées avec une police de caractères spéciale (comme ce paragraphe), et commencent avec le titre « démonstration ». Elles se terminent avec le signe traditionnel : ■ (du moins en mathématiques). Comme ces démonstrations, sont présentées essentiellement pour illustrer les techniques mathématiques mises en œuvre, elles peuvent être négligées sans que cela ne perturbe la lecture. ■

Pour comprendre les concepts expliqués ici, la meilleure manière est de les mettre en œuvre, et, pour ce faire, rien ne remplace un ordinateur avec un langage approprié. Nous avons retenu MATLAB comme langage de base parce qu'il a été explicitement créé pour faciliter l'enseignement et la mise en application des notions matricielles présentées dans ce livre. Pour aider la lectrice (et le lecteur) à faire le lien entre notre présentation et sa programmation avec MATLAB, nous indiquons, souvent en note de marge comment traduire le concept décrit dans le texte dans le langage MATLAB (voir la note ci-contre). Il existe de nombreux autres langages proches de MATLAB comme MATRIX ou MATHCAD; certains logiciels de calcul formel comme MATHEMATICA, REDUCE, AXIOM peuvent aussi faire l'affaire.

Il existe aussi, depuis peu, des logiciels du domaine public qui se comportent de façon très proche de MATLAB. Nos deux favoris sont OCTAVE et SCILAB. Leur syntaxe est pratiquement la même que celle de MATLAB. Ils fonctionnent avec WINDOWS et UNIX (et donc LINUX et les Macintoshes) : Essayez-les ! A ce prix là ils sont imbattables et pour certaines applications, ces programmes sont encore plus rapides que MATLAB.

Une bonne stratégie est de refaire les exercices avec MATLAB, et d'en recréer d'autres. Un intérêt supplémentaire de MATLAB (ou OCTAVE et SCILAB) est de pouvoir ajouter de nouvelles fonctions au langage. Par exemple la fonction `vec` décrite ci-contre (dans la marge) pourrait se programmer comme indiqué ci-contre. Ceci suppose, bien sûr, que vous ayez accès à une version de MATLAB (soit la version étudiante, soit la version professionnelle), et que vous ayez une connaissance minimale de MATLAB et de son utilisation. Une brève introduction à MATLAB se trouve dans l'annexe A.

```
MATLAB:
function
[x]=vec(X);
%function vec
x=X(:)
```

Manque-t-il quelque chose à cet ouvrage ? Le premier auteur pense qu'il faudrait (eût fallu ?) développer la partie sur les transformées de Fourier pour en faire une présentation complète. Le problème, alors, est qu'il faudrait un ouvrage au moins aussi long que celui-ci pour une présentation détaillée. Le premier auteur était près à indiquer dans cette préface que ce serait le thème d'un deuxième volume ; mais le deuxième auteur lui a rappelé que le deuxième tome des « réseaux de neurones » était toujours en préparation ...

Quelques illustrations de ce livre sont en couleurs, mais sont imprimées en gris. Bien que la version imprimée soit compréhensible, la couleur c'est plus présentable, et les figures en couleurs sont disponibles sur le site internet du livre : [www.utd.edu/~herve/mathsko.html](http://www.utd.edu/~herve/mathsko.html). On trouvera également sur ce site, un errata, des programmes et autres gâteries. Envoyez-nous vos commentaires et les erreurs que vous trouverez, nous nous ferons un plaisir de les intégrer dans l'errata (au moment d'écrire ces lignes, la seule entrée dans l'errata est « Errata : Lire Erratum »).

## REMERCIEMENTS, ...

Comme toujours, un nombre considérable de personnes doivent être remerciées pour avoir, directement ou indirectement, participé à ce travail. Tout d'abord l'ensemble des étudiants, qui chaque année, à Dijon et à Dallas (et parfois d'ailleurs) ont suivis nos cours, et ont accepté de lire, d'essayer de comprendre, de commenter et d'améliorer les différentes versions de cet ouvrage.

A remercier aussi, nos collègues (de Dijon, Dallas et d'ailleurs), pour leur disponibilité, leurs conversations, leurs encouragements et leur soutien. Nous en oublions, sans doute, mais il faut en particulier nommer : Scott Allen, Peter Assmann, Pierre Bovet, Mike de Vous, Jay Dowling, Betty Edelman, Richard Golden, Alice O'Toole, Nils Pénard et John Vokey.

Un remerciement tout particulier est dû à nos amis et complices du centre de calcul de l'Université de Bourgogne—en particulier l'équipe recherche—qui ont organisé depuis plusieurs années les cours « calcul avec MATLAB » qui furent à l'origine du projet (merci donc à Jean-Christophe Basaille, Jean-Jacques Gaillard, Bernard Laurin et Paul Molin). Merci aussi à Pascal Périchon pour ses conseils sur L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

Plusieurs fidèles lecteurs ont lu et relu ce texte et ont pu découvrir que, même à l'âge des ordinateurs, la créativité orthographique et grammaticale des présents auteurs ne se limite pas aisément (*e.g.*, la « guerre du golf » en fait encore rire certains), sans parler des incohérences pures et simples... Parmi les plus dévoués de ces lecteurs, remerciements : Catherine Dacremont, Arnaud da Costa, Paul Laffort et François Sauvageot.

Un merci tout particulier à Guy Tiberghien pour sa patience constante et son aide précieuse dans tout ce projet, sans elles (et donc sans lui) ce livre n'aurait jamais quitté l'état de notes de cours.

Enfin, l'avantage de travailler à deux auteurs est que chaque auteur peut être convaincu que les coquilles, les approximations, voire même les erreurs qui restent dans le livre sont toutes dues à l'autre auteur : Quel confort moral !

Juin 2005

Hervé Abdi  
*The University of Texas*  
Dallas  
herve@utd.edu  
www.utd.edu/~herve

Dominique Valentin  
*Université de Bourgogne*  
Dijon  
valentin@u-bourgogne.fr  
www.u-bourgogne.fr/  
/ensbana/d.valentin