

Maths \cap Industrie: l'exemple de Claude Shannon

Edith Viau

17 septembre 2019

Introduction

Contexte historique

The Mathematical Theory of Communication

De l'importance du concret pour les mathématiques

Bibliographie

Introduction

Bien que les premières machines programmables le précèdent, les travaux de Claude Shannon ont permis le développement du monde numérique dont nous nous servons à chaque jour.

Introduction

Le but de cette présentation est double : présenter les idées de ses principaux travaux d'une part, et de l'autre, souligner l'importance des problèmes concrets pour les mathématiques et les mathématicien.ne.s.

Contexte historique

Né en 1916 aux États-Unis, Claude Shannon réalisera ses travaux les plus connus avant, pendant et après la Seconde Guerre Mondiale.

Contexte historique

Les développements relativement récents en technologies de communication (radio, téléphone, télévision), le grand potentiel commercial de ces technologies ainsi que l'importance de ce secteur pour les efforts de guerre donnent lieu à son essor : le mythique Bell Labs, fondé en 1925 aux États-Unis, est en pleine croissance.

Influences

Voici quelques-unes des personnes ayant influencé Shannon :

- ▶ George Boole (1815-1864), mathématicien, philosophe et logicien anglais. Connu pour l'algèbre de Boole.
- ▶ Ralph Hartley (1888-1970), chercheur en électronique. Auteur de "Transmission of Information", 1928.
- ▶ Harry Nyquist (1889 - 1976), ingénieur électronique. Explique les résultats expérimentaux de Johnson sur le bruit thermique.

Contemporains

De façon non-exhaustive, voici quelques-uns des contemporains de Shannon :

- ▶ John von Neumann
- ▶ Albert Einstein
- ▶ Alan Turing

The Mathematical Theory of Communication

Dans *The Mathematical Theory of Communication*, Shannon va venir jeter les bases d'une approche mathématique à la communication, qui sera dorénavant nommée "théorie de l'information".

The Mathematical Theory of Communication

Publiée pour le grand public en 1948, cette thèse se pose la question suivante : qu'est-ce que l'information ? Comment mesurer la quantité d'information retransmise par une communication ?

L'information d'un point de vue binaire

Et si l'on développait des codes permettant de retransmettre toute information en mode binaire, qu'advviendrait-il ?

L'information d'un point de vue binaire

Dans les mots de Shannon : «ces aspects sémantiques de la communication sont sans rapport avec les problèmes techniques. L'aspect important est que le message actuel soit *choisi dans un ensemble* de messages possibles.»

L'information d'un point de vue binaire

En se basant sur Hartley, Shannon élaborera sa théorie de l'information sur la mesure logarithmique et sur l'algèbre de Boole.

Autres concepts importants

Shannon en profite pour établir les principaux concepts d'une étude formelle de l'information :

- ▶ entropie de Shannon
- ▶ limite de Shannon (en anglais, *noisy-channel coding theorem*)
- ▶ bit (pour *binary digit*, crédité à John Tukey)
- ▶ redondance

Autres concepts importants

Il en profite pour faire la démonstration de méthodes automatiques de générations de messages et pour créer des techniques d'encodage.

Autres concepts importants

Par ces concepts, ce n'est pas juste l'information que l'on peut maintenant mesurer, mais aussi nos efforts pour améliorer les technologies de l'information : lorsque l'on sait qu'une limite (de qualité et de quantité) existe, nous savons qu'il sera inutile de chercher à la dépasser.

De l'importance du concret pour les mathématiques

Les problèmes concrets nous permettent, en tant que mathématicien.ne.s, de créer de nouveaux concepts (information quantifiable, entropie) qui seront utiles à la vie réelle et à son étude.

De l'importance du concret pour les mathématiques

Ils permettent de relier des concepts abstraits (algèbre de Boole) à des questions fondamentales dans d'autres domaines, qui peuvent par la suite servir de nourriture intellectuelle pour les mathématiques.

De l'importance du concret pour les mathématiques

Dans le cas nous intéressant, nous pouvons penser à la cryptographie moderne et à l'intelligence artificielle, entre autres.

Bibliographie

- ▶ SHANNON, Claude & WEAVER, Warren. "The Mathematical Theory of Communication". Basé sur l'article de 1948. Notez que le livre a été traduit en français sous le titre de "Théorie mathématique de la communication".
- ▶ SONI, Jimmy & Goodman, Rob. "A Mind at Play", 2017.
Biographie de Claude Shannon.

Bibliographie

- ▶ Présentation du CNRS (France) sur Shannon :

`https://centenaire-shannon.cnrs.fr/chapter/
la-theorie-de-information`

- ▶ Présentation, avec liens vers les articles et divers documents informatifs, des Bell Labs sur Shannon :

`https://www.bell-labs.com/claude-shannon/`

Bibliographie

- ▶ Conférence sur Shannon par la Société Mathématique de France, avec discussion des résultats contemporains :

[https://smf.emath.fr/evenements-smf/
conference-bnf-2016-j-garnier](https://smf.emath.fr/evenements-smf/conference-bnf-2016-j-garnier)

- ▶ Court article sur les contributions de Betty Shannon, épouse de Shannon, à ses travaux mathématiques :

[https://blogs.scientificamerican.com/voices/
betty-shannon-unsung-mathematical-genius/](https://blogs.scientificamerican.com/voices/betty-shannon-unsung-mathematical-genius/)

Pour aller plus loin...

Listes de problèmes ouverts en théorie de l'information :

- ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unsolved_problems_in_information_theory
- ▶ <https://plato.stanford.edu/entries/information/supplement.html>

Vidéos

Film au sujet de Shannon, sorti en 2019, "The Bit Player" :

<https://thebitplayer.com>

Vidéos

Claude Shannon au sujet de l'apprentissage machine, avec
démonstration de sa machine Theseus :

[`https://techchannel.att.com/play-video.cfm/2010/3/16/`](https://techchannel.att.com/play-video.cfm/2010/3/16/)

`In-Their-Own-Words-Claude-Shannon-Demonstrates-Machine-Lea`

Pour vraiment tout savoir

Archives de Shannon :

<https://www.loc.gov/item/mm2001084831/>

...et surtout !

Merci à vous !