BraInside

Algorithmes pour la Simplification des Réseaux de Neurones

COATI

Centre Inria d'Université Côte d'Azur

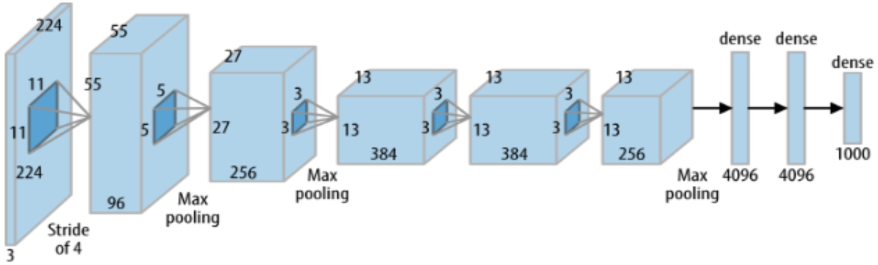
Emanuele Natale

Journée AID-INRIA
Paris, 12 Juin 2023

Nécessité de comprimer les réseaux de neurones

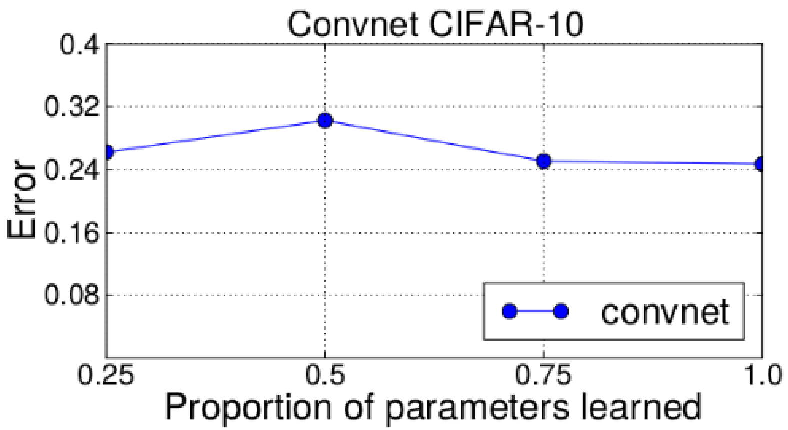
Le Deep Learning est devenu populaire en 2012 quand AlexNet a remporté le concours LSVRC 2012.

AlexNet a 60 millions de poids (environ 3 Go)



Les architectures de pointe sont “lourdes” pour certains systémes embarqués

Comment comprimer les réseaux de neurones ?



Les réseaux de neurones ont tendance à être très "compressibles"

Différentes familles de techniques:

- Techniques de **quantification**
- Techniques d'**algèbre linéaire**
- Techniques d'**élagage**

BraInside:

Utiliser les techniques de la théorie des algorithmes pour développer de nouvelles techniques d'**élagage**.

Aperçu du projet BraInside

Membres

- Emanuele Natale (CR), INRIA UCA
- Laurent Viennot (DR), INRIA Paris
- Arthur Walraven da Cunha (PhD), INRIA UCA
- Paulo Bruno Serafim (Ingénieur de recherche, 6 mois), INRIA UCA
- Damien Rivet (Postdoc, 1 an), INRIA UCA

Production scientifique

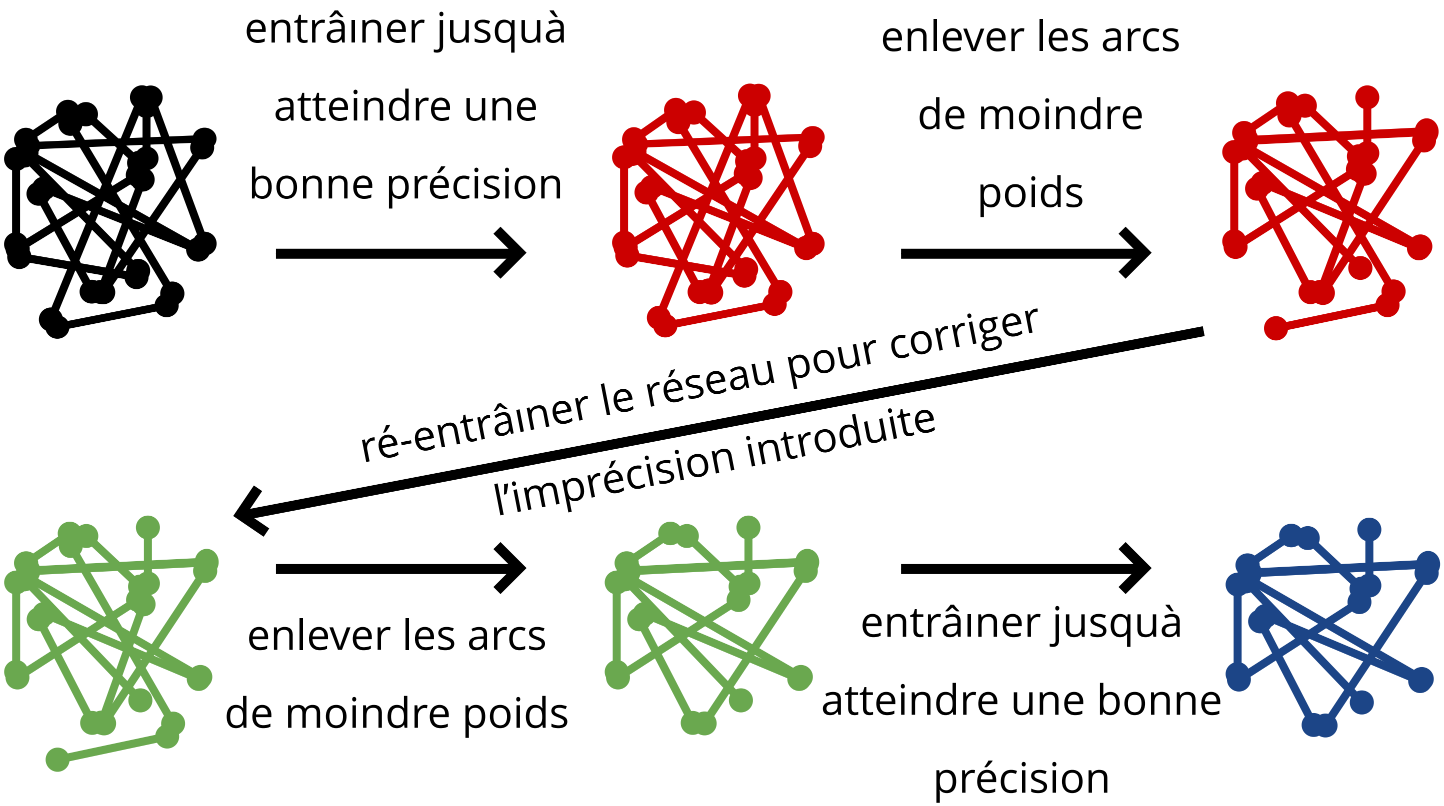
- **4 manuscrits** à publier
- OLA 2023
- **ICLR 2022**
- AAAI 2022

Autres produits

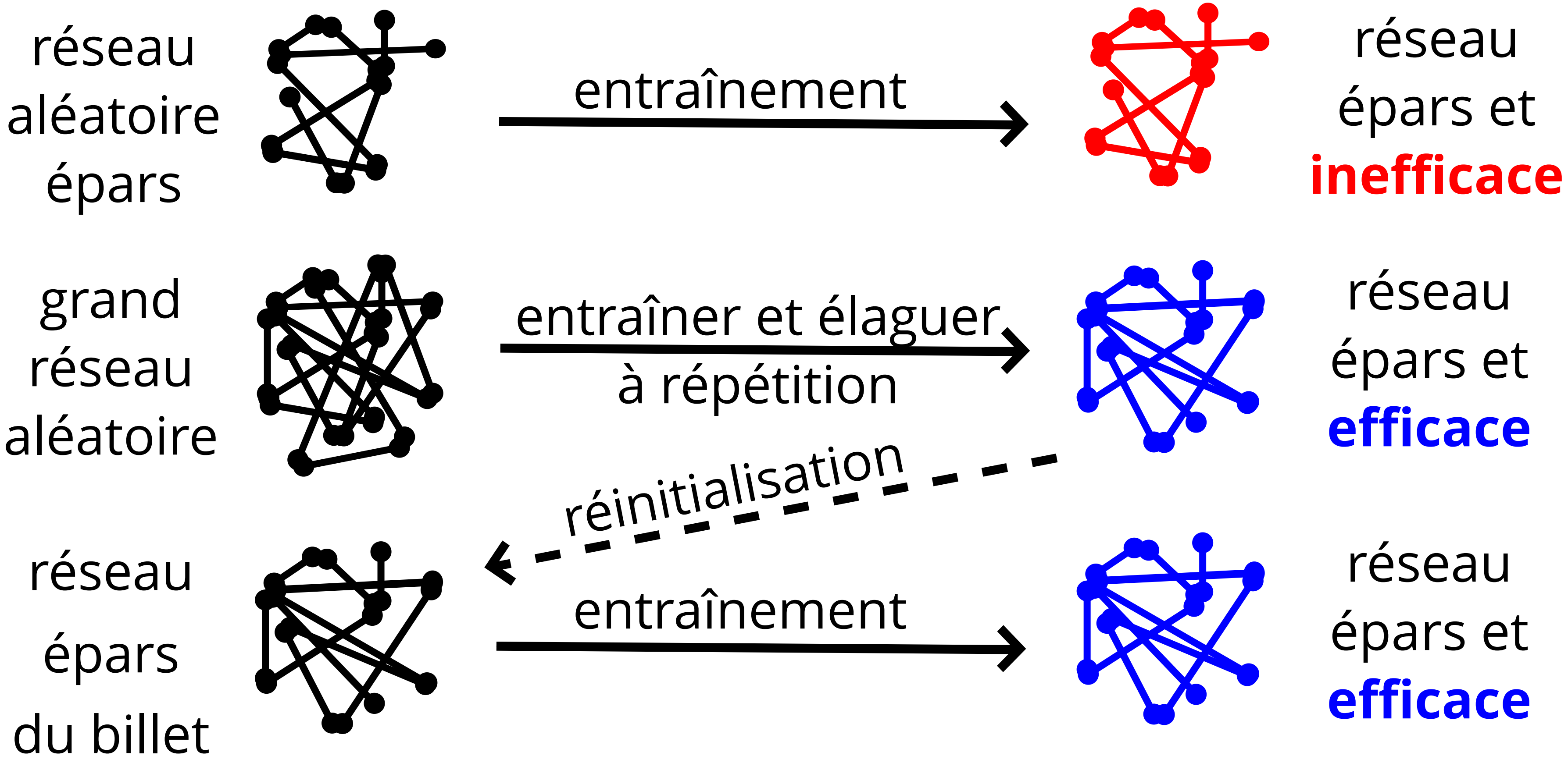
- **Dépôt de brevet** n° FR2210217
- **Logiciel** "Tinynets" en cours de développement

Élagage itéré par magnitude

Blalock et al. (2020): L'**élagage itéré par magnitude** est toujours une technique de compression de pointe.



L'hypothèse du billet de loterie



Frankle & Carbin (ICLR 2019):

Un grand réseau aléatoire contient des sous-réseaux qui atteignent une précision comparable lorsqu'ils sont entraînés.

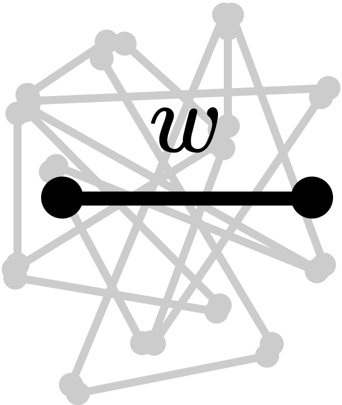
L'hypothèse forte du billet de loterie

Entraînement par élagage:
Ramanujan et al. (CVPR 2020) trouvent un bon sous-réseau sans changer les poids

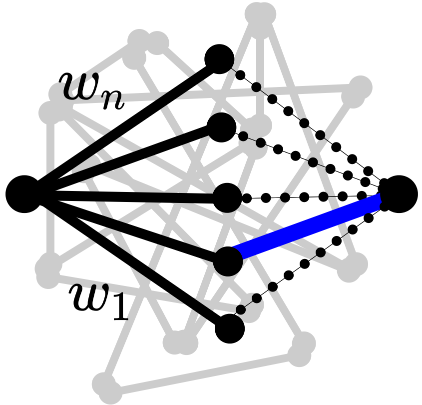
Un réseau avec des poids aléatoires contient des sous-réseaux qui peuvent approximer n'importe quel réseau neurones donné suffisamment plus petit
(sans entraînement)

Prouver l'hypothèse forte du billet de loterie

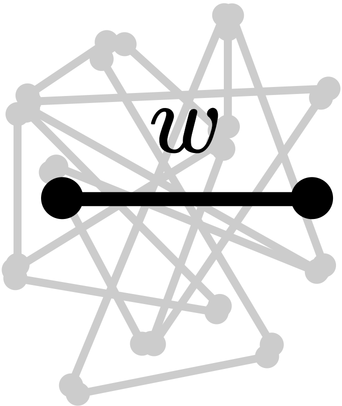
Malach et al. (ICML 2020)



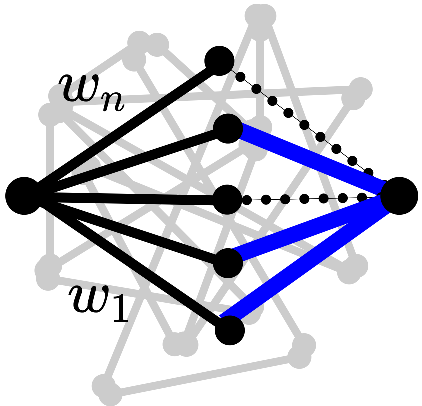
Trouve un poids aléatoire proche de w



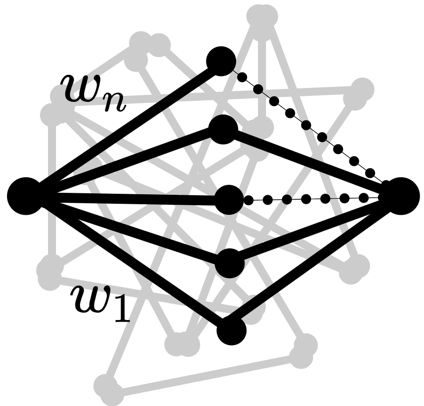
Pensia et al. (NeurIPS 2020)



Trouve une combinaison de poids aléatoires proche de w



La liason avec le problème de la somme du sous-ensemble aléatoire



Trouver une combinaison de poids aléatoires proche de w:

$$\sum_{i \in S \subseteq \{1,\ldots,n\}} w_i \approx w$$

PSSA. Pour quelle variable n l'énoncé suivant est-il valable ?

Étant donné $X_1, \ldots, X_n$ variables aléatoires indépendantes, avec prob. $1 - \epsilon$ pour chaque $z \in [-1, 1]$ il existe $S \subseteq \{1, \ldots, n\}$ tel que

$$|z - \sum_{i \in S} X_i| \leq \epsilon.$$

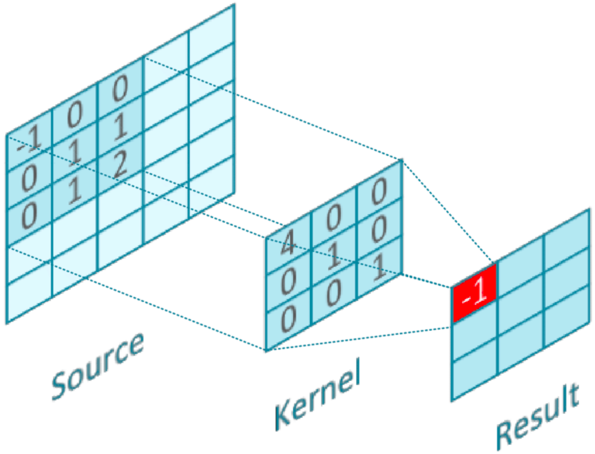
Connexion profonde avec les programme linéaires aléatoires

[Dyer & Frieze '89, Borst et al. '22]

Lueker '98:
$n = O(\log \frac{1}{\epsilon})$

Réseau de neurones convolutifs

La convolution entre $K \in \mathbb{R}^{d \times d \times c}$ et $X \in \mathbb{R}^{D \times D \times c}$ est $(K * X)_{i,j \in [D]} = \sum_{i',j' \in [d], k \in [c]} K_{i',j',k} \cdot X_{i-i'+1, j-j'+1, k}$, où X est complété par des zéros. .



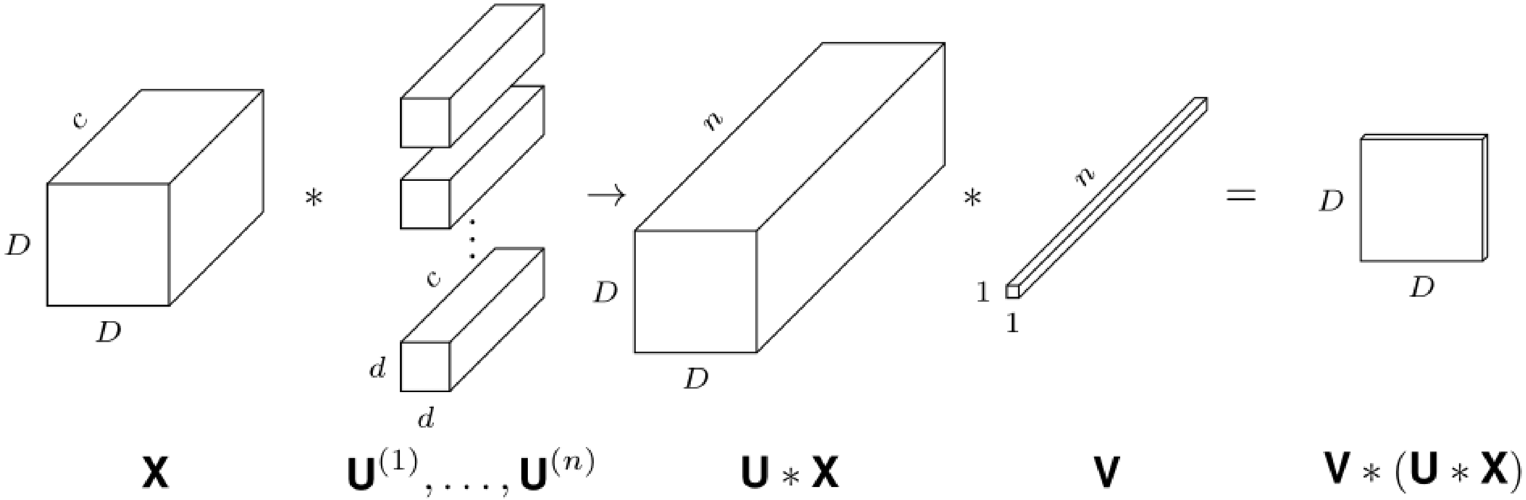
Un RNC simple $N : [0,1]^{D \times D \times c_0} \to \mathbb{R}^{D \times D \times c_\ell}$ est

$$N(X) = \sigma\left(K^{(\ell)} * \sigma\left(K^{(\ell-1)} * \sigma\left(\cdots * \sigma\left(K^{(1)} * X\right)\right)\right)\right)$$

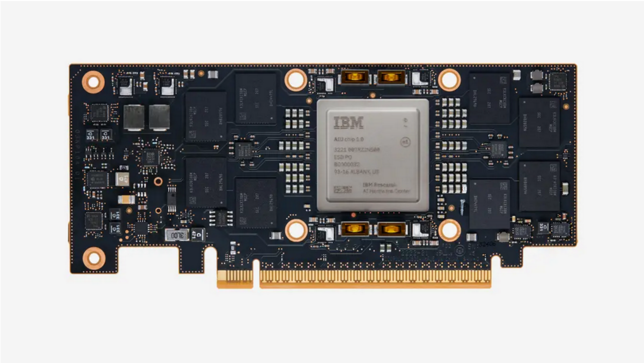
où $K^{(i)} \in \mathbb{R}^{d_i \times d_i \times c_{i-1} \times c_i}$.

Extension aux réseaux de neurones convolutifs

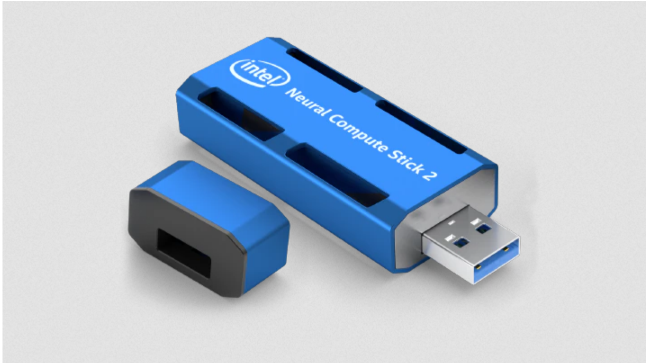
Théorème (da Cunha et al., ICLR 2022).
Étant donné $\epsilon, \delta > 0$, tout RNC avec k paramètres et ℓ couches, et avec des noyaux de norme au plus constant, peut être approximé avec une erreur de ϵ en élaguant un RNC aléatoire avec $O\left(k \log \frac{k\ell}{\min\{epsilon,\delta\}}\right)$ paramètres et 2ℓ couches avec une probabilité d'au moins $1 - \delta$.



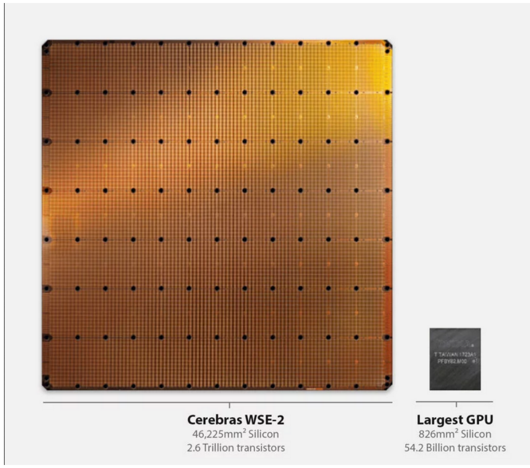
Réduire la consommation énergétique : supports dédiés



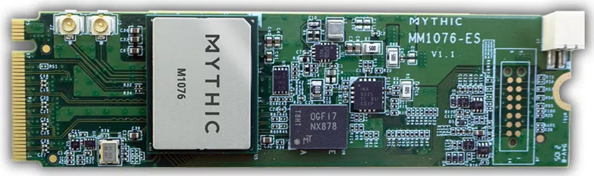
IBM's Artificial Intelligence Unit



Intel® Neural Compute Stick 2



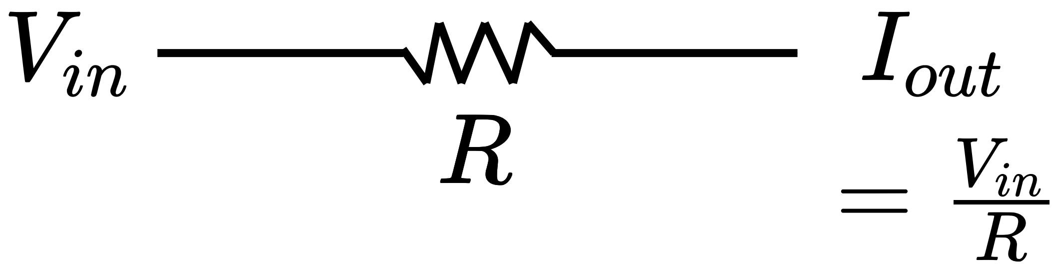
Cerebras' Wafer-Scale Engine



Mythic's MM1076 M.2 M Key Card

Confier les calculs à la physique

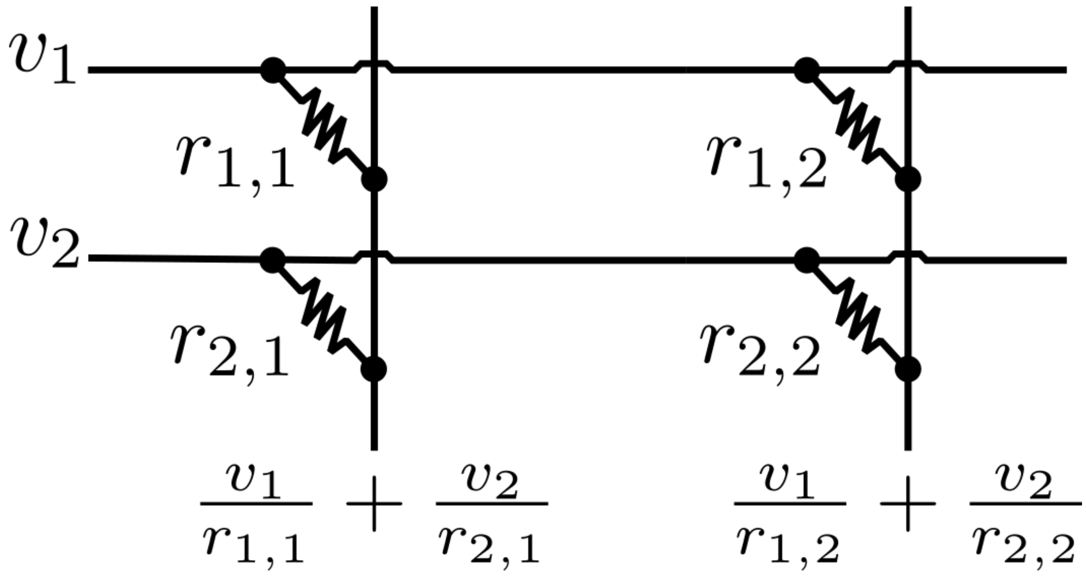
Loi d'Ohm



Pour multiplier w et x, régler $V_{in} = x$ et $R = \frac{1}{w}$, puis $I_{out} = wx$.

Dispositif à barres résistives

MVM analogique via des barres transversales de résistances programmables.



Cfr. ~10k FLOPS pour un MVM numérique 100x100

Problème : il est difficile de fabriquer des résistances programmables précises.

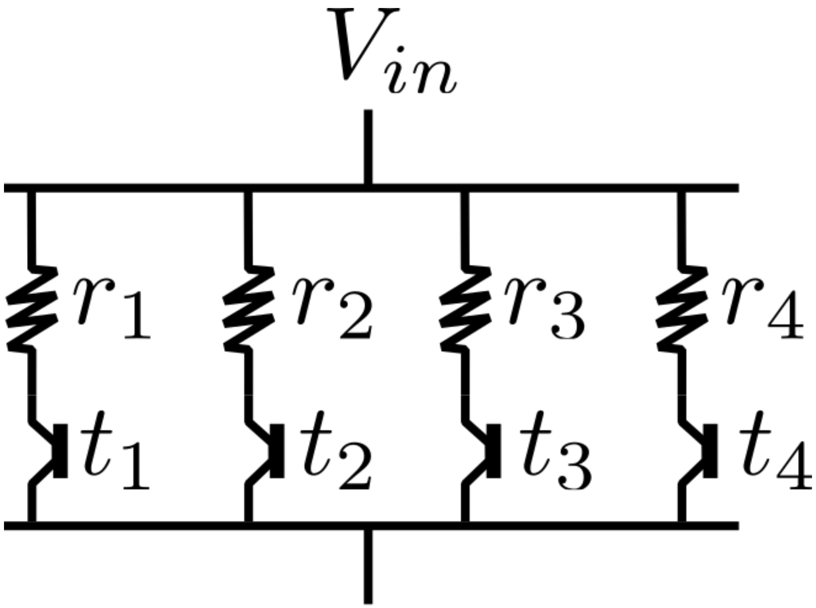
"Résistance équivalente modulable à partir de résistances imprécises"

INRIA Dépôt de brevet FR2210217

Exploiter le bruit pour augmenter la précision

Théorème du SSA

Résistance programmable



$$I_{out} = V_{in} \sum_i \frac{t_i}{r_i}$$

Travaux à venir

Publication des 4 résultats :

- Élagage des filtres dans le RNC
- Algorithme de hachage sensible à la localité FlyHash
- Nouvelle preuve de SSA
- Nouvelle preuve du SSA multidimensionnel

Terminer le développement de la première version du logiciel d'élagage

Remerciements

INRIA : F. Segond, A. Schoofs, administration...
Collaborateurs: F. d'Amore, P. Crescenzi, I. Nachum...
DGA : R. Sol, R. Moha.