

Quelques questionnements à propos du calcul sans (nouveaux) ordinateurs

Gwen Samain

École Centrale de Nantes, LS2N, SIMS, F-44000 Nantes, France
gwenael.samain@ls2n.fr

1 Introduction

Aujourd'hui, une certaine partie de la science computationnelle requiert la présence de machines calculantes. Par exemple, l'optimisation mathématique, le traitement numérique du signal, les télécommunications, le calcul réparti ou encore l'apprentissage machine n'auraient pas eu le même succès sans machines calculant nettement plus rapidement qu'un être humain. À l'heure actuelle, ces machines calculantes sont fondées sur des composants micro-électroniques.

Au delà de la question de la disponibilité des matières premières, qui est particulièrement prégnante sur les terminaux utilisateurs (voir par exemple [6, 7] sur le sujet de la consommation de métaux rares associés à une difficulté de recyclage dans le cadre du smartphone) mais moins sur les centres de calcul, c'est la question de la compatibilité de cette industrie avec le vivant qui interroge. En effet, certaines références comme [11, 12] affirment que l'industrie minière est environnementalement ainsi que socialement problématique. Parallèlement aux impacts en début de chaîne de production, les impacts en fin de vie des appareils, autrement dit les déchets électroniques, sont également documentés [3, 5, 8]. Ainsi, au delà de la soutenabilité à long terme sur le seul prisme de la disponibilité en matières premières, se pose la question de la désirabilité de continuer la tendance actuelle. De plus, en examinant la question des gaz à effets de serre (GES), le numérique prend une part croissante des émissions mondiales. Entre 2013 et 2018, le numérique est passé de 2.5% des émissions mondiales de CO₂ équivalent à 3.7% [13]. Actuellement, on observe une augmentation des usages du numérique, conjointement avec une augmentation du volume de matériel fabriqué, qui pose la question de la compatibilité de cette tendance avec les scénarios d'émission préconisés par le GIEC. Enfin, l'industrie micro-électronique possède une chaîne logistique longue, ce qui la rend vulnérable à des tensions d'approvisionnement sur le pétrole (qui est la première énergie utilisée dans l'industrie du transport), à des tensions géopolitiques, ou à des pandémies (comme la Covid-19 l'a montré).

Au vu des éléments précédemment exposés, un scénario où, par choix ou par contrainte, de manière temporaire ou définitive, il n'est plus possible de fabriquer des appareils micro-électronique n'est pas improbable. Une question est donc d'explorer comment la science computationnelle est compatible avec ce genre de scénario.

2 Quelques questionnements peu explorés

Résumé en une seule phrase, le problème vient du fait que la tendance actuelle d'augmentation des besoins de calcul n'est pas soutenable sur le long-terme en utilisant des appareils micro-électroniques. Ainsi posé, et en partant de l'hypothèse que le but est de rentrer dans les limites planétaires, trois voies s'ouvrent : changer la tendance actuelle en besoin de calcul ; jouer sur la temporalité ; changer de technologie de calcul. Ces trois voies sont détaillées ci-dessous.

Changer la tendance actuelle Un certain nombre d'institutions ont annoncé le besoin de s'orienter vers une trajectoire de réduction des usages [1, 2] qui est parfois appelé sobriété ou

décroissance. Dans le champ du numérique, ce message est notamment porté par le think-tank The Shift Project [13], et certaines initiatives correspondent à ce genre de trajectoire, à la fois du côté matériel, par exemple avec le mouvement lié aux dumbphones, ou à l'utilisation d'ordinateurs anciens [4], comme du côté logiciel, on peut citer le projet Gemini [10] pour construire un intermédiaire entre Gopher et HTTP/HTML, ou encore le "Web Bloat Score Calculator" [14] pour mesurer le degré de complexité d'une page web.

Néanmoins, ces exemples soulèvent un certain nombre de questions peu explorées jusqu'à présent. Par exemple, qu'est-ce qui définit un "bon" usage des ressources computationnelles? Qui décide des usages prioritaires? Par quels processus ces priorités sont amenées à changer au cours du temps, dans une perspective de stock décroissant de machines calculantes?

Jouer sur la temporalité Dans une perspective de stock décroissant des machines calculantes, ce qui est calculatoirement faisable actuellement peut ne plus l'être à l'avenir. Ceci pose la question d'une forme d'héritage computationnel, une forme de résultats numériques réexploitables par des générations futures avec moins de capacités calculatoire. Quelle serait la forme de ce type d'héritage? Est-ce le résultat final d'un modèle numérique? Est-ce des données pré-calculées réutilisables dans des modèles agrégés? Pour quels usages ces modèles pourraient être pertinents? Ces usages sont-ils amenés à évoluer au fil des ans, des décennies, des siècles? Dans le champ de l'apprentissage machine, on peut par exemple penser au Transfer Learning, technique où tout ou partie d'un réseau de neurone entraîné est réutilisé dans un autre réseau pour une autre tâche. Actuellement utilisé dans un objectif de maximisation de la performance du réseau de neurone final, l'utilisation de cette technique pourrait alternativement être motivée par un objectif de moindres calculs et de réutilisabilité. Dans le domaine de l'optimisation, on peut souligner la souplesse de choix offerte par l'optimisation multi-objectif. Pourrait-on imaginer réutiliser ce paradigme pour générer un ensemble de solutions Pareto-optimales qui ferait office d'abaque numérique sur un problème donné?

Changer la technologie de calcul L'augmentation des besoins en calcul ne serait pas un problème si la technologie de calcul utilisée était sans impact sur l'environnement. À la place de machines fondées sur des phénomènes électriques, on peut imaginer un développement futur de machines fondées sur des phénomènes lumineux, ou encore biologique. Dans les possibilités déjà existantes, notons que dans les premiers lanciers spatiaux habités, le calcul réalisé par des êtres humains (outillés de calculateurs mécaniques simples) a eu une grande part [9]. Est-il possible de répondre à une partie des besoins en calcul actuel via ce biais? De la même manière qu'un hackathon réunit un collectif autour de besoins d'ingénierie, est-il possible de créer des "computathon" qui réunissent un collectif autour de besoins en calcul? Quels seraient les ressorts d'organisation des tâches qui permettrait à la fois de produire des résultats numériques avec une qualité et rapidité satisfaisante, tout en étant conviviaux pour les personnes participantes?

3 Conclusion

Dans cette communication, plusieurs questionnements ont été proposés. Ces questions ouvertes, nourries par un scénario pessimiste sur la soutenabilité de l'industrie micro-électronique, sont proposées ici comme ouverture d'un débat sur la direction que nous, membres de la recherche en science computationnelle, mais également plus largement membres de cette planète, souhaitons donner à la discipline.

Références

- [1] ACADÉMIE DES TECHNOLOGIES. *Matières à penser sur la sobriété*. Synthèse de séminaires. 2022. URL : <https://www.academie-technologies.fr/publications/matieres-a-penser-sur-la-sobriete/>.
- [2] ADEME. *Transitions 2050*. Rapport. 2021. URL : <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>.
- [3] Laurence ALLARD, Alexandre MONNIN et Nicolas NOVA. *Écologies du smartphone*. Lormont : Le bord de l'eau, 2022.
- [4] ASSOCIATION ALIS 44. *Alis 44*. 2022. URL : <https://alis44.org/>.
- [5] C. P. BALDÉ et al. *Suivi des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle mondiale*. Bonn/Genève/Vienne : Université des Nations Unies (UNU) - Union internationale des télécommunications (UIT) - Association internationale des déchets solides (ISWA), 2017.
- [6] B. BOOKHAGEN et al. "Development of a versatile analytical protocol for the comprehensive determination of the elemental composition of smartphone compartments on the example of printed circuit boards". In : *Anal. Methods* 10 (31 2018), p. 3864-3871. DOI : 10.1039/C8AY01192C. URL : <http://dx.doi.org/10.1039/C8AY01192C>.
- [7] B. BOOKHAGEN et al. "Metallic resources in smartphones". In : *Resources Policy* 68 (2020), p. 101750. ISSN : 0301-4207. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101750>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420720301392>.
- [8] Karel HOUSSIONON et al. "Environmental Heavy Metal Contamination from Electronic Waste (E-Waste) Recycling Activities Worldwide : A Systematic Review from 2005 to 2017". In : *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (mar. 2021), p. 3517. DOI : 10.3390/ijerph18073517.
- [9] Margot Lee SHETTERLY. *Hidden Figures : The American Dream and the Untold Story of the Black Women Who Helped Win the Space Race*. United States : William Morrow and Company, 2016.
- [10] SOLDERPUNK. *Project Gemini*. 2019. URL : <https://geminiprotocol.net/>.
- [11] SYSTEXT. *Controverses minières · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers*. Rapport d'étude. 2021. URL : https://www.systext.org/sites/default/files/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-1_Nov2021_maj.pdf.
- [12] SYSTEXT. *Cyanuration dans l'industrie minière*. Rapport d'étude. 2021. URL : <https://www.systext.org/node/1734>.
- [13] THE SHIFT PROJECT. *Pour une sobriété numérique*. Rapport. 2018. URL : <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>.
- [14] ZEL. *Web Bloat Score Calculator*. [Online; accessed 14-September-2023]. 2020. URL : <https://www.webbloatscore.com/>.