

Proposition d'équipe «Phénix»

Informatique frugale et sécurité émancipatrice pour un numérique de la transition

F. Lesueur, L. Morel, G. Salagnac, N. Stouls
citi.phenix.recherche@listes.insa-lyon.fr

1 Introduction

Le réchauffement climatique¹ ainsi que l'épuisement progressif des ressources énergétiques fossiles² sont en train de devenir des réalités incontestables. Ces phénomènes présagent une modification durable de nos modes de vie, notamment sur le plan économique. En effet, le paradigme actuel de la *croissance* repose sur une disponibilité croissante des matières premières et de l'énergie. Mais si ce modèle du *toujours plus* a longtemps été synonyme de progrès, il se heurte de plus en plus aux limites géo-physiques du système-Terre³. Dans les décennies à venir, nos sociétés vont ainsi devoir opérer une forme de *transition écologique*⁴ vers le *toujours moins* : moins de ressources disponibles (matières premières, énergie), moins de pollution (gaz à effet de serre). On parle de *résilience* pour désigner la capacité d'un système à maintenir ses *bonnes propriétés* face à un choc ou une perturbation. Ainsi, les sociétés humaines vont devoir faire preuve de résilience pour continuer à offrir de bonnes conditions de vie dans un monde décroissant en énergie, que ce soit concernant des services de base (par ex. alimentation, eau potable) ou des aspects plus avancés (par ex. démocratie, liberté d'expression).

La généralisation des énergies renouvelables ou l'optimisation des rendements sont des pistes prometteuses pour alléger notre empreinte environnementale. Mais pour espérer limiter le réchauffement climatique à un niveau *vivable* il sera également nécessaire de modifier en profondeur nos usages. On peut ainsi distinguer deux approches :

- *Le développement durable* : améliorer l'efficacité énergétique de nos productions, favoriser les énergies non polluantes et le développement du renouvelable, dans l'optique de maintenir les hypothèses de croissance économique actuelles ;
- *La frugalité* : travailler à une diminution des besoins, visant à réduire la consommation jusqu'à atteindre un équilibre soutenable avec l'enveloppe permise tout en conservant un cadre de vie épanouissant.

À notre sens, la grande majorité des activités de recherche se concentrent aujourd'hui sur l'innovation, espérant le premier scénario. C'est en particulier vrai dans le domaine du numérique, où le progrès technologique semble même s'accélérer. Pourtant, il nous paraît indispensable d'investir également le second scénario, et c'est ce que nous nous proposons de faire dans Phénix. Bien sûr, nous restons dans une optique de progrès : remettre en cause le *toujours plus* n'exclut pas de chercher à faire *toujours mieux*. Par exemple, au-delà de simplement chercher à réduire la consommation énergétique instantanée des objets numériques, on peut s'intéresser à étudier leur impact global, incluant des aspects de fabrication, d'usages, et de durée de vie. Une question pertinente peut alors être : Dans un monde décroissant en énergie, comment concevoir des objets réellement utiles, durables, et sobres^{5 6 7} ?

Au-delà de nos usages quotidiens, le numérique a aujourd'hui une place considérable dans le fonctionnement de la société dans son ensemble. La communication personnelle et collective, la liberté d'expression, l'accès à l'information et à l'éducation, sont grandement facilités par les technologies numériques disponibles aujourd'hui. Or, ces fonctions sont essentielles au bon fonctionnement de la démocratie. En particulier, nous considérons que l'avènement d'Internet est un progrès dont l'impact est comparable à celui des bibliothèques ou à l'imprimerie.

Notre réflexion s'articule autour de deux observations. La première est que le fonctionnement du réseau repose aujourd'hui sur une forte consommation de ressources, et donc sur les émissions associées. Cet état de fait nous

1. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Sous la dir. de K. PACHAURI et L.A. MEYER. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.

2. The SHIFT PROJECT. *Déployer la sobriété numérique*. Web, oct. 2020. URL : <https://theshiftproject.org/article/rapport-intermediaire-deployer-sobriete-numerique/>.

3. Olivier VIDAL. « Impact de différents scénarios énergétiques sur les matières premières et leur disponibilité future ». In : *Annales des Mines – Responsabilité et Environnement*. 3. FFE. 2020, p. 19-23.

4. Rob HOPKINS. *The Transition Handbook : From Oil Dependency To Local resilience*. Green books, 2008.

5. Steve M. EASTERBROOK. « Climate Change : A Grand Software Challenge ». In : *Proceedings of the FSE/SDP Workshop on Future of Software Engineering Research*. FoSER '10. ACM, 2010, 99–104. DOI : 10.1145/1882362.1882383.

6. Shola OYEDEJI, Ahmed SEFFAH et Birgit PENZENSTADLER. « A Catalogue Supporting Software Sustainability Design ». In : *Sustainability* 10.7 (juill. 2018), p. 2296. ISSN : 2071-1050. DOI : 10.3390/su10072296.

7. Christoph BECKER et al. « The karlskrona manifesto for sustainability design ». In : *arXiv preprint 1410.6968* (2014). URL : <https://arxiv.org/abs/1410.6968>.

pousse à étudier les *questions de frugalité* évoquées plus haut. En particulier, nous nous intéresserons à identifier les briques de base de systèmes informatiques frugaux permettant d'assurer les usages pré-cités tout en assurant une diminution des besoins globaux en énergies et en ressources. La seconde observation que nous faisons sur Internet et le numérique en général est que leur organisation socio-économique est de plus en plus centralisée autour de quelques firmes géantes (GAFAM) aux intérêts opaques. Cela nous amène à poser la question suivante : dans l'optique de la transition écologique, comment garantir qu'Internet reste un outil au service de tous et que les usagers peuvent y jouer leurs rôles *en toute sécurité* ? En particulier, quels outils peut fournir une *vision émancipatrice de la sécurité* informatique pour réaliser un numérique réellement au service des usagers et du bien commun ?

Sur ces thèmes, l'équipe Phénix propose d'une part une contribution descriptive de *numériste* et d'autre part un travail *constructif* pour ébaucher des briques techniques répondant aux enjeux cités ci-dessus.

- Contribution *numériste* : il s'agit d'identifier les *bonnes propriétés* que présentent les technologies actuelles et leurs usages, afin de les étudier et de les documenter. Nous nous intéressons aux liens entre la dimension numérique et la dimension sociétale, sur les éléments ayant trait au renforcement de la démocratie. En particulier, face à un monde aux tensions croissantes ou en reconstruction, le numérique a montré qu'il pouvait nous aider sur les axes de la liberté d'expression, d'information et de communication. Nous identifions déjà les communications individuelles (e-mail), les communications de groupes (forums) et la mise en commun de connaissances organisées (Wikipedia). Ces trois usages ont vocation à être raffinés ou étendus dans le cadre de l'avancement de notre travail.
- Contribution *technique* : nous nous proposons d'apporter des briques concrètes dans le cadre de projets technologiques, par exemple de développement logiciel. En effet la perspective d'une diminution progressive de la puissance des machines pose des questions nouvelles et intéressantes pour la programmation. Cette contribution s'articulera autour de la frugalité prise sous l'angle de la *programmation* et des *systèmes d'exploitation* d'une part et de la *sécurité émancipatrice* d'autre part.

2 Projet Scientifique

Comme évoqué dans la section précédente, le projet scientifique de l'équipe Phénix consiste à explorer les thèmes de l'informatique frugale et de la sécurité émancipatrice selon les deux axes descriptifs et constructifs, présentés plus haut. En particulier, nous proposons d'étudier ces questions sur les objets techniques que sont les réseaux et les systèmes d'exploitation. Les sections suivantes présentent respectivement chacune de ces thématiques.

2.1 Informatique frugale

L'informatique et plus généralement les nouvelles technologies sont à l'origine d'une part considérable de nos besoins croissants en termes de matières premières et d'énergie⁸. On fabrique des appareils de plus en plus nombreux, de plus en plus complexes, à l'utilité incertaine⁹ et parfois soupçonnés d'obsolescence programmée¹⁰. Cette trajectoire ne peut que mener vers des pénuries désordonnées et synonymes de crises¹¹. Chercher à réduire la consommation individuelle des appareils est une piste tentante, mais trompeuse, notamment à cause de l'*effet rebond*¹² qui peut conduire à une augmentation de la consommation globale.

Sous l'angle *numériste*, nous voulons contribuer à une démarche de transition où la réduction progressive de notre consommation est *pilotée* d'une part par une réflexion sur les différents usages et leurs *bonnes propriétés* pour la société, et d'autre part sur une réflexion méthodologique & technique sur le développement logiciel soutenable permettant le réusage de matériel déprécié ou l'augmentation de sa durée de vie.

Par exemple, le partage de connaissances au travers de plates-formes comme Wikipedia, ou la participation à des forums de communication, semblent de *bonnes* activités qu'il convient de promouvoir et de développer. À l'inverse, la publicité en ligne¹³ ainsi que d'autres technologies soutenant directement l'économie de l'attention¹⁴ sont

8. SHIFT PROJECT, cf. note 2.

9. Compte twitter «Internet of shit» <https://twitter.com/internetofshit>.

10. CENTRE EUROPÉEN DE LA CONSOMMATION. *L'obsolescence programmée ou les dérives de la société de consommation*. 2013. URL : https://www.europe-consommateurs.eu/fileadmin/user_upload/eu-consommateurs/PDFs/publications/etudes_et_rapports/Etude-Obsolescence-Web.pdf.

11. VIDAL, cf. note 3.

12. Kevin MARQUET, Jacques COMBAZ et Françoise BERTHOUD. « Introduction aux impacts environnementaux du numérique ». In : *1024, bulletin de la Société Informatique de France*. Avr. 2019, p. 85-97. URL : <https://hal.inria.fr/hal-02410129>.

13. Frédéric BORDAGE. *Sobriété numérique : les clés pour agir*. Buchet-Chatel, 2019. ISBN : 978-2-283-03215-2.

14. Yves CITTON. *L'économie de l'attention*. La Découverte, 2014.

beaucoup plus questionnables. Les activités qui nous intéressent ont non seulement de bonnes propriétés en termes démocratiques, mais elles doivent également représenter une consommation d'énergie relativement modeste et surtout stable, c'est-à-dire *frugale*¹⁵, contrairement à certains usages envisagés actuellement ou déjà déployés qui supposent une augmentation structurelle des infrastructures et de la consommation en énergie. De façon générale, notre approche cherche à comprendre, si possible de manière quantitative, les liens entre divers aspects du numérique et leur impact en termes de ressources, dans la lignée de travaux récents comme ceux de K. Marquet et A. Rasoldier¹⁶. L'objectif de cette démarche est de produire un ou plusieurs *scénarios* plausibles et/ou souhaitables quant à l'évolution des usages informatiques dans les décennies à venir.

Sous l'angle *technique*, nous nous intéressons également à cette évolution sous l'angle de la *programmation* et du *système d'exploitation*. La perspective de machines moins puissantes suppose de renverser la tendance historique en termes de complexité logicielle. Les systèmes actuels, par exemple Linux, sont devenus tellement gros et compliqués qu'y apporter un changement significatif est probablement hors de portée pour une équipe comme la nôtre. Ces gros systèmes sont de plus en plus traités comme des boîtes noires, et il paraît difficile d'en réduire la complexité par une approche soustractive.

Au contraire, nous adoptons ici une approche *constructive*, dans l'optique de former un socle logiciel minimaliste, adapté aux activités frugales évoquées plus haut. Nous travaillons ainsi à identifier, étudier, et/ou implémenter les briques minimales nécessaires pour construire un système d'exploitation frugal, et maximalelement compréhensible. Pour cela, nous nous intéressons à des projets visant spécifiquement le minimalisme (par exemple CollapseOS¹⁷) et la frugalité dès la conception^{18 19}, mais également à de petits systèmes d'exploitation existants, par exemple dans l'embarqué FreeRTOS²⁰ et RIOT²¹.

2.2 Sécurité émancipatrice

En introduction, nous avons présenté des exemples d'outils numériques fondamentalement au service de la démocratie. Nous avons en particulier identifié des outils pour la liberté de communication, tels que le mail ou les forums de discussion et des services de partage d'information, comme Wikipedia.

Les sociétés démocratiques se sont organisées pour développer et défendre collectivement ces libertés face à différents phénomènes sociaux cherchant à les contrôler ou les limiter. Concernant les systèmes informatiques, ces phénomènes tirent partie de vulnérabilités pour déployer des attaques permettant de capter des informations concernant les usagers ou de dégrader leur fonctionnement.

La transition écologique évoquée plus haut, si tant est qu'elle ne soit pas accompagnée démocratiquement, va probablement exacerber ces tensions. Ainsi, même les usages simples que nous avons identifiés seront sans doute la cible d'attaques de formes très variées. Afin de préserver les libertés évoquées plus haut, de nouveaux mécanismes de sécurité sont nécessaires, tenant compte à la fois de nouvelles formes d'attaques et des contraintes particulières, immanentes aux plateformes compatibles avec l'idée de transition écologique.

La sécurité se résume classiquement à trois propriétés fondamentales : la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité. Ces trois propriétés se déclinent sur nos exemples de la façon suivante : par *confidentialité*, on souhaite que la communication à travers une messagerie ou un forum de discussion soit privée ; par *intégrité*, on souhaite que les modifications d'information sur Wikipedia soient suivies, attribuables, et on doit pouvoir s'assurer qu'une information n'a pas été altérée malicieusement ; par *disponibilité*, on souhaite que cette même information reste accessible aux usagers, y compris dans le cas d'attaques. Le but de la sécurité est ainsi de maintenir ces trois propriétés.

Au niveau sociétal, nous souhaitons également conserver les bonnes propriétés de *démocratie* que nous avons évoquées dans l'introduction. La sécurité étant avant tout un élément de contrôle, elle ne doit jamais aller contre ces bonnes propriétés. Elle doit donc être pensée de façon à ne pas créer ou favoriser de position dominante et doit rester sous le contrôle des usagers. Nous parlerons dans ce cadre de *sécurité émancipatrice* si la sécurité renforce les propriétés sociétales souhaitées. L'objectif global de Phénix sur cette thématique est donc de développer une pensée des usages et des techniques de la sécurité émancipatrice²².

15. Coral CALERO et Mario PIATTINI. « Chapter 1 : Introduction to Green in Software Engineering ». In : *Green in Software Engineering*. Springer, 2015, p. 3-27. DOI : 10.1007/978-3-319-08581-4_1.

16. Aina RASOLDIER. « Information and communications technology impact assessments ». Mém. de mast. INSA Lyon, 2020.

17. <https://collapseos.org/>.

18. Leila KARITA, Brunna C. MOURÃO et Ivan MACHADO. « Software Industry Awareness on Green and Sustainable Software Engineering : A State-of-the-Practice Survey ». In : *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*. SBES 2019. ACM, 2019.

19. OYEDEJI, SEFFAH et PENZENSTADLER, cf. note 6.

20. <https://freertos.org/>.

21. <https://riot-os.org/>.

22. Bruce SCHNEIER. « Cybersecurity for the Public Interest ». In : *IEEE Annals of the History of Computing* 17.01 (2019), p. 84-83.

À court terme, nous identifions deux types d'activités dans lesquelles les solutions de sécurité actuelles nous paraissent aller à l'encontre des propriétés souhaitées et dans lesquelles des alternatives émancipatrices pourraient et devraient être envisagées :

- Les *applications malveillantes* sont des atteintes à la *confidentialité* et à l'*intégrité* (vol d'information, altération). Les écosystèmes logiciels fermés (les *walled gardens*, avec un magasin d'applications exclusif comme sur iPhone, à différencier du logiciel propriétaire historique) sont une réponse à cela mais altèrent du même coup la liberté des usagers à utiliser les outils de communication de leur choix. Par exemple, sur iOS, les applications doivent être validées par Apple, sans alternative. Apple se place alors en véritable censeur²³. Dans le cadre de sources plus ouvertes (allant des archives GNU/Linux Debian à F-Droid, dépôt d'applications libres compatibles avec le système Android de Google), nous souhaitons étudier les mécanismes de sécurité permettant d'obtenir un niveau de protection comparable sans reposer sur une dépendance à un acteur central, unique et irremplaçable²⁴.
- Les *attaques DDoS* sont des atteintes à la *disponibilité*. Les protections actuelles consistent à se protéger derrière quelques très gros acteurs²⁵, dont les activités sont soit dédiées à la sécurité (Cloudflare) soit plus générales, typiquement liée à l'hébergement (Amazon, OVH, ...). Ces acteurs se retrouvent ainsi également en capacité de censure, ce qui nuit à la liberté d'information. Ces attaques, leurs relais, leurs écosystèmes sont néanmoins encore incomplètement compris²⁶. Dans la thèse démarrée en 2020 par Camille Moriot, nous étudions ces attaques et souhaitons proposer des alternatives émancipatrices de défenses face à elles.

2.3 Contributions techniques envisagées

Informatique frugale

- identifier et étudier les éléments fondamentaux nécessaires à un système d'exploitation minimaliste, pouvant s'exécuter sur des plateformes «frugales»
- étudier l'architecture logicielle de CollapseOS (en identifier les briques et leurs interfaces)
- en faire un portage sur une architecture embarquée qu'on connaît, par exemple Arduino ou msp430
- à plus long terme : développer une petite pile de communication, par exemple sur un lien série
- à plus long terme : écrire un démonstrateur de communication en client/serveur, inspiré par Gemini

Sécurité émancipatrice

- contribuer des modules Yunohost (aka «la Briquet Internet» une distribution logicielle pour faciliter l'auto-hébergement domestique) en partant, par exemple, de notre travail préliminaire sur SHSD²⁷
- contribuer sur les moteurs de collecte et/ou d'analyse de Crowdsec²⁸ qui est un logiciel libre de surveillance communautaire de sécurité, en particulier pour la télémétrie et la protection face à des DDoS
- à plus long terme : étudier les aspects «sécurité» de notre prototype CollapseOS+Gemini

3 Organisation

3.1 Méthodes de travail

Nous avons convenu de ne pas choisir un responsable unique chargé de diriger l'équipe mais d'avoir plutôt un porte-parole tournant entre les membres permanents de l'équipe. Pour chaque participation à des instances (par exemple le comité scientifique du CITI) nous désignerons un représentant ad-hoc qui tournera régulièrement, par exemple tous les quelques mois. Pour les tâches nécessitant un suivi sur le long terme, une affectation plus pérenne de la tâche sera possible. Pour faciliter les interactions avec l'extérieur de l'équipe, un alias mail sera mis en place. La gestion sera donc faite sur un mode de démocratie participative.

Nous organisons un séminaire interne hebdomadaire pour partager le fruit de nos recherches bibliographiques. En parallèle de nos sujets de recherche, nous visons volontairement également des sujets polémiques, même en dehors

23. Vasilis VERVERIS et al. « Shedding light on mobile app store censorship ». In : *Adjunct publication of the 27th conference on user modeling, adaptation and personalization*. 2019, p. 193-198.

24. Adrien ABRAHAM et al. « GroddDroid : a gorilla for triggering malicious behaviors ». In : *2015 10th international conference on malicious and unwanted software (MALWARE)*. IEEE. 2015, p. 119-127.

25. Mattijs JONKER et al. « Measuring the adoption of DDoS protection services ». In : *Proceedings of the 2016 Internet Measurement Conference*. 2016, p. 279-285.

26. Mattijs JONKER et al. « Millions of targets under attack : a macroscopic characterization of the DoS ecosystem ». In : *Proceedings of the 2017 Internet Measurement Conference*. 2017, p. 100-113.

27. <https://github.com/dynamid/shsd>

28. <https://crowdsec.net/>

de nos thèmes spécifiques : l'objectif n'est dans ce cas pas de produire sur le sujet mais de s'aguerrir, avec le temps, aux débats technologiques qui traversent notre société. Parmi les sujets déjà identifiés, on peut citer : la *Software Sustainability*, l'éco-conception logicielle, la 5G.

Sur les deux thématiques de l'équipe, nous comptons nous-mêmes conserver une compétence technique qui ne saurait être entièrement déléguée à des personnels temporaires. Ceci devrait nous permettre de maintenir un équilibre raisonnable entre maîtrise technique et prise de recul.

Enfin, au-delà des interactions habituelles avec la communauté scientifique informatique que nous allons bien sûr poursuivre, nous comptons interagir avec des acteurs académiques des Sciences Humaines et Sociales, pour nous permettre de développer une méthodologie de travail et ainsi être équipés pour adresser la dimension numériste de notre projet avec des outils adéquats. Ces échanges ont déjà commencé, par exemple, en lien avec le GDR Internet, IA et société, porté par le Centre Internet et Société du CNRS. Ils seront également portés dans l'équipe par des discussions croisées avec Marie-Pierre Escudié, du Centre Gaston Berger (INSA Lyon), d'ores et déjà invitée à s'associer à l'équipe.

3.2 Membres de l'équipe

Permaments : François Lesueur (MCF TC/CITI), Lionel Morel (MCF IF/CITI), Guillaume Salagnac (MCF IF/CITI) et Nicolas Stouls (MCF FIMI/CITI).

Chercheurs associés : Marie-Pierre Escudié (Chargée d'études et de recherche à l'Institut Gaston Berger, INSA).

Doctorant·es : Camille Moriot, thèse encadrée par F. Lesueur, N. Stouls, et F. Valois (HDR), en collaboration avec Marie-Pierre Escudié ; depuis le 01/09/2020.

4 Communauté

Au sein du CITI, Phénix s'inscrit dans plusieurs axes thématiques du laboratoire : réseaux, *privacy*, et *middleware* pour le côté «sécurité émancipatrice» et systèmes embarqués pour le côté «informatique frugale». Plus précisément, nous avons vocation à interagir avec :

- l'équipe *Privatics* qui s'intéresse aux modèles de vie privée en traitant des aspects aussi bien techniques que sociétaux (éthique, économique, etc.).
- l'équipe *Agora* qui s'intéresse aux réseaux autonomes. La thèse de Camille Moriot est co-encadrée par Fabrice Valois, PR au sein d'Agora.
- l'équipe *Émeraude* (en cours de création) qui développera des compétences en informatique embarquée, appliquée à des applications de création artistique.

Nous sommes aujourd'hui impliqués dans plusieurs communautés en lien avec nos activités scientifiques actuelles et garderons évidemment cet ancrage :

- GDR GPL²⁹ – Génie de la Programmation et du Logiciel
- GDS EcoInfo³⁰ – Pour une informatique éco-responsable
- GDR SOC2³¹ – System-on-Chip, systèmes embarqués et objets connectés
- GDR Sécurité Informatique³²
- RESSI³³ – Rendez-Vous de la Recherche et de l'Enseignement de la Sécurité des Systèmes d'Information
- UPSILON³⁴ – Université Populaire de Sécurité Informatique Libre et Ouverte

En complément, nous avons entamé un rapprochement vers de nouvelles communautés liées à l'évolution de nos thématiques lors de la création de Phénix :

- GDR Internet, IA et Société³⁵, porté par le «Centre Internet et Société»
- Grand défi «Informatique frugale» au sein du GDR GPL, en cours d'élaboration
- Équipe ETiCS³⁶ du laboratoire Verimag (Grenoble), qui porte une réflexion proche de la nôtre

29. <https://gdr-gpl.cnrs.fr/>

30. <https://ecoinfo.cnrs.fr/>

31. <https://www.gdr-soc.cnrs.fr/>

32. <https://gdr-securite.irisa.fr/>

33. <https://ressi.fr/>

34. <https://upsilon.sh/>

35. <https://cis.cnrs.fr/gdr2091/>

36. <https://www-verimag.imag.fr/Etics.html>

- Collectif «On est la tech / onestla.tech»³⁷, regroupement de professionnels du numérique qui souhaite ouvrir ses réflexions sur les usages et impacts de la technologie

Enfin, nous prévoyons de diffuser nos travaux sous plusieurs formes :

- Publications dans des journaux et conférences, nationaux et internationaux, dans les domaines du système, de la sécurité et des impacts de la technologie. Nous privilégierons des journaux et conférences aux pratiques ouvertes (open-access) et en considérant l’empreinte carbone au premier plan. Nous adapterons ces contraintes aux différentes situations, par exemple en les relâchant largement pour les doctorant-es afin de ne pas les pénaliser
- Contributions à du logiciel libre, dans le double objectif de la dissémination et d’une meilleure compréhension de notre part
- Dissémination vers la société civile : actions de médiation, fête de la science, blog, conférences éventuellement gesticulées, conférences non-académiques

37. <https://onestla.tech/publications/une-autre-tech-est-possible/>