

Le pourquoi et le comment de la recherche reproductible

Konrad HINSEN

Centre de Biophysique Moléculaire, Orléans, France
et
Synchrotron SOLEIL, Saint Aubin, France

7 novembre 2022

1. Pourquoi tout le monde parle de reproductibilité ?



Crise de la reproductibilité

La **crise de la reproductibilité** (*replication crisis* ou *replicability crisis* ou *reproducibility crisis* en [anglais](#)) est la crise [méthodologique](#) dans le domaine des [sciences](#) selon laquelle de nombreux résultats publiés dans des [revues scientifiques](#) sont difficiles, voire impossibles à [reproduire au cours d'études subséquentes](#). Initiée au milieu des années 2000, la crise prend de l'ampleur au milieu des années 2010, nourrie par la publication de plusieurs articles sur le phénomène.

La crise n'est pas propre à un domaine unique bien qu'elle semble moins toucher les [sciences fondamentales](#) et [appliquées](#) que les sciences médicales. Les facteurs qui en sont responsables semblent nombreux. Des pistes d'amélioration de la reproductibilité au sein des publications scientifiques, dont notamment l'amélioration des critères de publication, sont explorées.

Sommaire [\[masquer\]](#)

- 1 [Historique](#)
- 2 [Étendue du phénomène](#)
 - 2.1 [Médecine](#)
 - 2.2 [Psychologie](#)
- 3 [Causes](#)
 - 3.1 [Fraudes](#)
- 4 [Pistes de solutions](#)

nature

Explore content ▾

About the journal ▾

Publish with us ▾

Subscribe

[nature](#) > [news](#) > article

NEWS | 09 December 2021

Half of top cancer studies fail high-profile reproducibility effort

Barriers to reproducing preclinical results included unhelpful author communication, but critics argue that one-time replication attempts don't tell the whole story.

Characterization of Leptazolines A–D, Polar Oxazolines from the Cyanobacterium *Leptolyngbya* sp., Reveals a Glitch with the “Willoughby–Hoye” Scripts for Calculating NMR Chemical Shifts

Jayanti Bhandari Neupane, Ram P. Neupane,¹ Yuheng Luo, Wesley Y. Yoshida, Rui Sun,² and Philip G. Williams^{*1}

Department of Chemistry, University of Hawai‘i at Mānoa, 2545 McCarthy Mall, Honolulu, Hawaii 96822, United States

J.B. Neupane *et al.*, Organic Letters, 2019

“Published in 2014, this Nature Protocols manuscript provides detailed instructions aimed at enabling those with minimal theoretical knowledge of the subject area to calculate gauge-including atomic orbital (GIAO) NMR chemical shifts and includes Python scripts to streamline the process. It has been cited over 130 times in the last 5 years.”

Économie : la justification pour la politique d'austérité

American Economic Review: Papers & Proceedings 100 (May 2010): 573–578
<http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.100.2.573>

Growth in a Time of Debt

By CARMEN M. REINHART AND KENNETH S. ROGOFF*

In this paper, we exploit a new multi-country historical dataset on public (government) debt to search for a systemic relationship between high public debt levels, growth and inflation.¹ Our main result is that whereas the link between growth and debt seems relatively weak at “normal” debt levels, median growth rates for countries with public debt over roughly 90 percent of GDP are about one percent lower than otherwise; average (mean) growth rates are several percent lower. Surprisingly, the relationship between public debt and growth is remarkably

especially against the backdrop of graying populations and rising social insurance costs? Are sharply elevated public debts ultimately a manageable policy challenge?

Our approach here is decidedly empirical, taking advantage of a broad new historical dataset on public debt (in particular, central government debt) first presented in Carmen M. Reinhart and Kenneth S. Rogoff (2008, 2009b). Prior to this dataset, it was exceedingly difficult to get more than two or three decades of public debt data even for many rich countries, and

C.M. Reinhart & K.S. Rogoff, *American Economic Review*, 2010

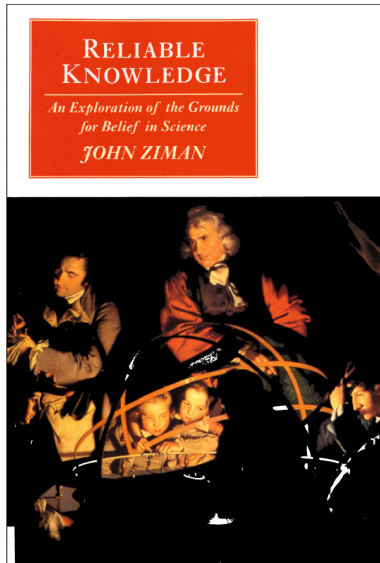
Does high public debt consistently stifle economic growth? A critique of Reinhart and Rogoff

Thomas Herndon, Michael Ash and Robert Pollin★

We replicate Reinhart and Rogoff (2010A and 2010B) and find that selective exclusion of available data, coding errors and inappropriate weighting of summary statistics lead to serious miscalculations that inaccurately represent the relationship between public debt and GDP growth among 20 advanced economies. Over 1946–2009, countries with public debt/GDP ratios above 90% averaged 2.2% real annual GDP growth, not –0.1% as published. The published results for (i) median GDP growth rates for the 1946–2009 period and (ii) mean and median GDP growth figures over 1790–2009 are all distorted by similar methodological errors, although the magnitudes of the distortions are somewhat smaller than with the mean figures for 1946–2009. Contrary to Reinhart and Rogoff's broader contentions, both mean

T. Herndon, M. Ash, R. Pollin, *Cambridge Journal of Economics*, 2014

Objectif : une connaissance *fiable*



Sources de confiance

Rigueur

- Documentation précise et complète
- Discussion des incertitudes et sources d'erreurs
- Respect des bonnes pratiques du domaine
- ...

Robustesse

- Résultats similaires avec des techniques différentes
- Méthodes éprouvées
- Accords expérience - théorie
- ...

La reproductibilité comme source de confiance

Un résultat non-reproductible suggère...

- ... une description incomplète
- ... une maîtrise insuffisante des techniques
- ... une erreur
- ... une fraude

Ou encore...

- ... une prise insuffisante sur les sujets d'étude (souris, étoiles, ...)

2. Mieux comprendre la reproductibilité

La trinité de la reproductibilité scientifique

Reproductibilité **expérimentale**

- Refaire une expérience d'après la description publiée
- Obtenir des résultats suffisamment proches

Reproductibilité **statistique**

- Refaire une étude avec un autre échantillon ou une autre technique
- Inférer des conclusions suffisamment proches

Reproductibilité **computationnelle**

- Refaire un calcul à l'identique
- Obtenir des résultats identiques

Est-ce grave docteur ?

(Non-)reproductibilité expérimentale

- Bien connue depuis des siècles
- Globalement bien maîtrisée
- Invisible dans les discussions de la crise

Est-ce grave docteur ?

(Non-)reproductibilité statistique

- Un phénomène récent
- Contribution majeure à la crise
- Causes principales :
 - des échantillons trop petits
 - le biais de confirmation
 - la complexité des méthodes statistiques
 - l'ordinateur, qui permet l'application de méthodes "boîtes noires"

Est-ce grave docteur ?

(Non-)reproductibilité computationnelle

- Un phénomène récent
- Aspect le plus surprenant de la crise
- Problème très fréquent : la reproductibilité reste l'exception
- Causes principales :
 - la complexité des logiciels
 - la non-publication du code source
 - les fausses manip passées inaperçues

Déterministe mais pas reproductible ?

$$2 + 2 = 4$$

- aujourd'hui ...
- comme hier ...
- et sans doute aussi dans un an.

Le calcul est déterministe et reproductible.

Si un calcul donne des résultats différents,

- c'est le logiciel qui a changé...
- ou les données d'entrée.

Le problème de fond est la complexité des logiciels.

Les enjeux de la reproductibilité computationnelle

- Être sûr de ce qui a été calculé
- Pouvoir vérifier le calcul
- Pouvoir adapter le calcul

La bonne nouvelle :

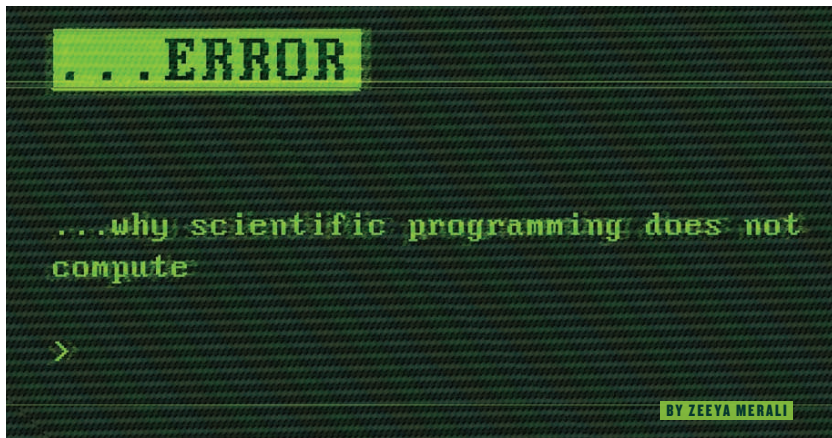
- La reproductibilité computationnelle est automatisable.
- Des outils d'automatisation sont disponibles : [Nix](#), [Guix](#)

Reste à faire :

- Appliquer la technique aux logiciels et workflows de la recherche
- Former les ingénieurs et chercheurs

Au-delà de la reproductibilité

Un calcul reproductible peut être erroné !



Z. Merali, Nature **467**, 775 (2010)

Au-delà de la reproductibilité

Que calcule ce programme parfaitement reproductible ?

[illegible]

International Obfuscated C Code Contest, 1988

3. Quel rôle pour la reproductibilité ?

L'industrialisation dans la recherche

Automatisation

- Ordinateurs et logiciels
- Instruments robotisés

→ **productivité**, **opacité épistémique**, spécialisation

Productisation

- Méthodes scientifiques → logiciels réutilisables
- Observations → données réutilisables

Relation producteurs – clients

Recherche fondamentale → recherche appliquée → développement industriel

Comme pour un lave-linge ou une voiture !

- Modes d'emploi
- Cadre légal pour définir les responsabilités
- Autorités de réglementation
- Evaluation par des experts indépendants
- Labels de qualité, marques de certification

Une agence de certification

The image is a screenshot of the Cascad website. At the top, a browser address bar shows the URL <https://www.cascad.tech>. The website's navigation bar includes the Cascad logo (a blue checkmark) and the text "cascad". To the right of the logo are several navigation links: "News", "What is a certification?", "Why certifying?", "How to certify?", "Confidentiality", and "Log In". Below the navigation bar, the main content area features a large Cascad logo on the left, followed by the tagline "the first certification agency for scientific code & data". To the right of the tagline is a paragraph: "A cascad certification allows researchers to signal the reproducibility nature of their research to their peers". On the right side of the page, there is a graphic of a computer monitor. The monitor displays a histogram with a blue distribution curve. Above the monitor, there is a green ribbon with the text "RRR". The background of the page is white with a subtle pattern of blue dots.

cascad
the first certification
agency for scientific
code & data

A cascad certification allows researchers to
signal the reproducibility nature of their research
to their peers

RRR

La science ouverte

~~La science est la philosophie de la nature.~~

~~La science est une usine à connaissance.~~

La science est un bien commun.

1^{er} palier : accès libre aux **produits** de la recherche

- La reproductibilité est un label de qualité

2^{me} palier : participation plus large aux **processus** scientifique

- Le processus doit devenir transparent
- La reproductibilité est une preuve de transparence

- “La crise” a montré les risques créés par l’**industrialisation** de la science
- L’ **informatique** y joue un rôle important, comme le moteur de l’**automatisation**
- La recherche doit mieux gérer la **productisation**
- La **reproductibilité** sera un **label de qualité** et une **preuve de transparence**



Recherche de cours

INSCRIPTION

CONNEXION

Aide

Français

AccueilActualitésCoursGRADEODiplômesEtablissements

Vous êtes ici: Accueil > Cours > Recherche reproductible : principes méthodologiques pour une science transparente

Outils pour la recherche

Numérique et technologie

Recherche reproductible : principes méthodologiques pour une science transparente

Ref. 47036

🕒 Effort : 24 heures ⚙️ Rythme: Auto-rythmé

Ce Mooc propose des principes méthodologiques pour une science ouverte et transparente. Il aborde de manière pratique la prise de notes, le document computationnel, la répliquabilité des analyses.





Inscription

Du 10 janvier 2020 au 18 décembre 2022

Cours

Du 20 mars 2020 au 22 décembre 2022

Langues

Français

Connectez-vous pour vous inscrire



00:15 / 01:50

30/x602581