

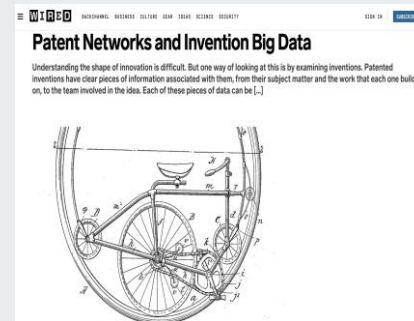
An impressionistic painting of a tree with dark, gnarled branches reaching upwards. The sky is a mix of blue and yellow, with thick, visible brushstrokes. The ground at the bottom is dark blue and black, also with thick brushstrokes. The overall style is expressive and textured.

TRUE NORTH TECHNOLOGIES

DÉTERMINER LES FORCES TECHNOLOGIQUES DU
CANADA EN UTILISANT LA SCIENCE DES RÉSEAUX DE BREVETS

ANDREW W. TORRANCE, JEVIN D. WEST, ET LISA C. FRIEDMAN
KU LAW, MIT SLOAN SCHOOL OF MANAGEMENT, et UW iSCHOOL

DONNÉES ET ANALYSES GRACIEUSEMENT FOURNIES PAR Patent Vector™

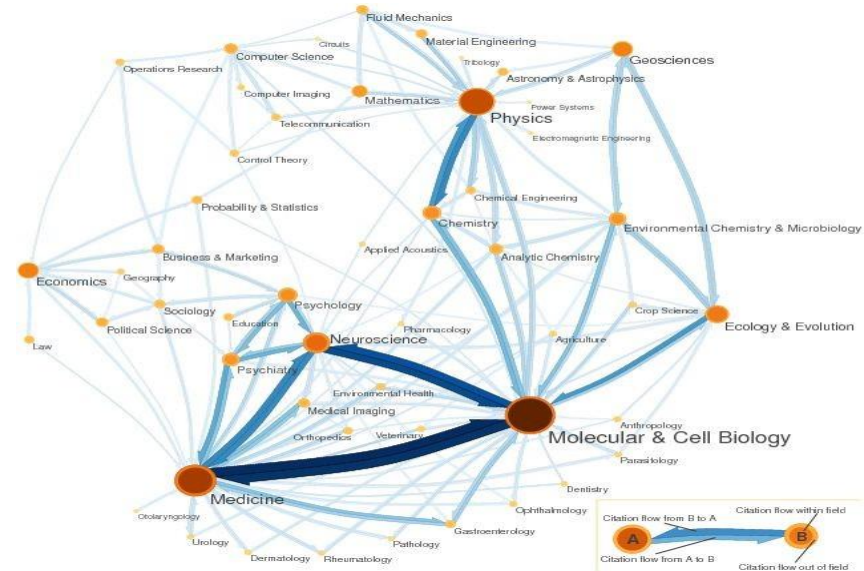


FAHRPLAN

- Nous avons maintenant calculé 9 réseaux de citations de brevets du système mondial des brevets.
 - Base de données PATSTAT (printemps et automne de chaque année)
 - Nous remercions chaleureusement Geert, Martin et Johannes de PATSTAT
 - De l'automne 2018 à l'automne 2022 (le printemps 2023 est presque terminé)
- Objectif
 - Fournir une description de l'évolution de ce réseau au cours de cette période
- Défis
 - 150 millions de nœuds et 400 millions d'arêtes
 - La description d'un réseau statique nécessite des calculs et des interprétations intensifs; l'ajout d'un élément temporel/évolutif est encore plus difficile
 - L'isolement des aspects purement canadiens du réseau nécessite une attention particulière
- Quelques observations
 - Des changements intéressants se sont produits à différentes profondeurs du réseau
 - La circulation de l'information (déduite des citations) entre les pays évolue rapidement
 - Le Canada est l'un des principaux producteurs de brevets, tant en volume qu'en importance.
 - Les plus grands portefeuilles de brevets canadiens sont en grande partie détenus par des entreprises non canadiennes
 - Le Canada excelle généralement dans le domaine des dispositifs médicaux et s'améliore rapidement dans celui des logiciels et des télécommunications
 - Le Canada est particulièrement fort (parfois même dominant) dans des domaines technologiques particuliers, notamment la biopharmacie
 - Surprise : les inventions canadiennes sont très originales!
- La science des réseaux est une méthode puissante pour comprendre les systèmes de brevets mondiaux et canadiens

APPROCHE EN RÉSEAU

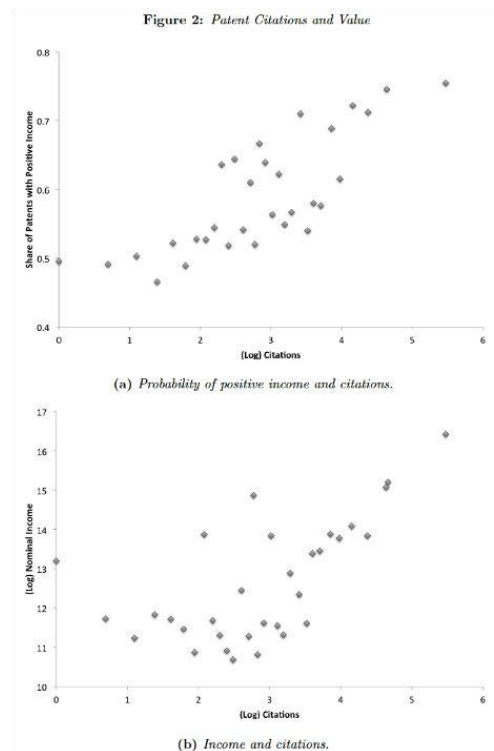
- En rapport avec la métrique *Eigenfactor*
 - La norme d'excellence du classement des revues scientifiques
 - *Par exemple* : Thomson-Reuters' Journal Reports de citations
- Déterminer les brevets les plus importants/influents dans le réseau
- Déterminer et regrouper les brevets par concept et par technologie
- Déterminer les tendances
- Peut comprendre des brevets litigieux, des brevets essentiels à l'application d'une norme et des brevets de la FDA (des livres orangé et violet).
- Effectuer une recherche sur la carte du réseau mondial des brevets à l'aide de Google Maps



CITATIONS

- Les citations de brevets sont en corrélation avec la valeur et l'importance des brevets
 - Trajtenberg (1989 et 1990)
 - Harhoff et coll. (1999)
 - Hall et coll. (2005)
 - Sampat et Ziedonis (2005)
 - Moser et coll. (2011)
 - Mais voir Abrams et coll. (2013)
 - *Farranato (2016)*
- Les citations *elles-mêmes* n'ont pas la même importance, de sorte que les citations brutes sont trompeuses.

Farranato (2016)



ANALYSE DES RÉSEAUX

2017

- Les données connectées peuvent être avantageusement analysées à l'aide de la science des réseaux
 - Google, Facebook, LinkedIn
- Les brevets forment un réseau mondial
 - Les brevets sont des « nœuds »
 - Les citations sont des « liens »
- Le réseau est construit à partir de millions de choix effectués par les inventeurs, les propriétaires et les examinateurs quant à la place des inventions.
- Centralité du vecteur propre, graphique hiérarchique et méthodes de détection des communautés utilisées pour bâtir un réseau de citations complet
- La structure du réseau révèle des informations uniques
 - Une mine d'informations sur les lieux de production et de diffusion des technologies, les tendances, les domaines technologiques existants et l'importance ou l'influence des brevets.

VIRGINIA JOURNAL OF LAW & TECHNOLOGY

WINTER 2017 UNIVERSITY OF VIRGINIA VOL. 20, No. 03

All Patents Great and Small: *A Big Data Network Approach to Valuation*

ANDREW W. TORRANCE^{*}
AND JEVIN D. WEST^{††}

© 2017 Virginia Journal of Law & Technology Association, at <http://www.vjolt.net>.
^{*} Earl B. Shurtz Research Professor, University of Kansas School of Law; Visiting Scholar, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology; Research Fellow, Gruter Institute for Law & Behavioral Research. Prof. Torrance wishes to thank Nathan Mannebach, Max McGraw, Edgar Acevedo-Pando, J.B. Fitzgerald, Aaron Vanderpool, and Haley Chaux for their excellent research assistance in assembling the gigantic database of patents litigated to a judicial decision. Nathan Mannebach and Max McGraw deserve considerable additional thanks for analyzing much of the data, conceiving of creative ways in which this data could be visualized, and doing prodigious review of the litigations of patent litigation, patent valuation, and patent citation networks. In addition, he wishes to thank his colleagues for their comments and suggestions on earlier versions of this project. These include Eric von Hippel, Karim R. Lakhani, Wendy Li-F. Torrance, Honor Torrance, Darvin Torrance, Ellenore Torrance, Munka Gruter Chesney, Oliver Goodenough, Jeanne Giaccia, Daniel Katz, Matt Ridley, Julie Cohen, Neel Sukhame, Paul Ohm, Denis Mariel, Theodore Cossas, Gary Lazarus, Elias Collette, Robert Embree, Glynn S. Lannoy, Jr., Saurabh Vishwanahshi, Mark Scherkmann, Stuart Goshan, Alan Marco, Mariagrazia Spicciatelli, Paul Heald, Liza Vertinsky, Yaniv Heled, Ted Sichelman, Dave Schwartz, David Olson, Shawn Miller, Ryan Vacca, Carl Bergstrom, Ariel Katz, Orly Lobel, Sean O'Connor, Mark Lemley, Lisa Ouellette, Janet Freilich, Jay P. Kesan, Dmitry Karabach, Jeremy de Beer, Melissa Wasserman, Michael Fritsch, Christopher J. Buccafusco, Christopher Sprigman, Matthew Rimmer, James Hesoun, Michael Meurer, Mark Uhlig, David Uhlig, and Steve Howell. Please forgive any omissions.
^{††} Assistant Professor, DataLab, Information School, University of Washington.

LEGAL

Edited by
Daniel M. Katz,
Ron Dolin and
Michael J. Bommarito

INFORMATICS

CAMBRIDGE

Copyrighted Material

2021

Degree Centrality

Links

9

5

4

3

2

1

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

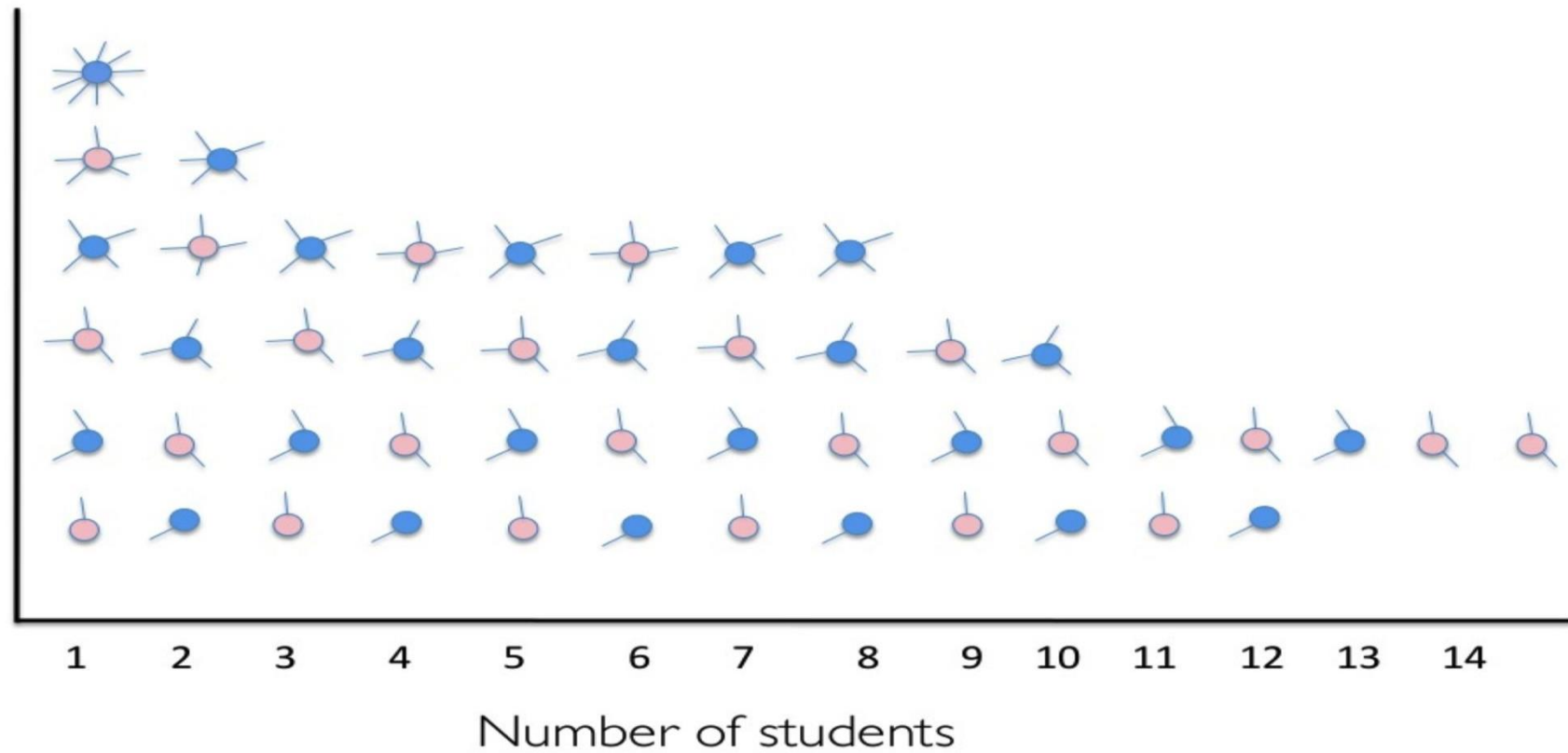
11

12

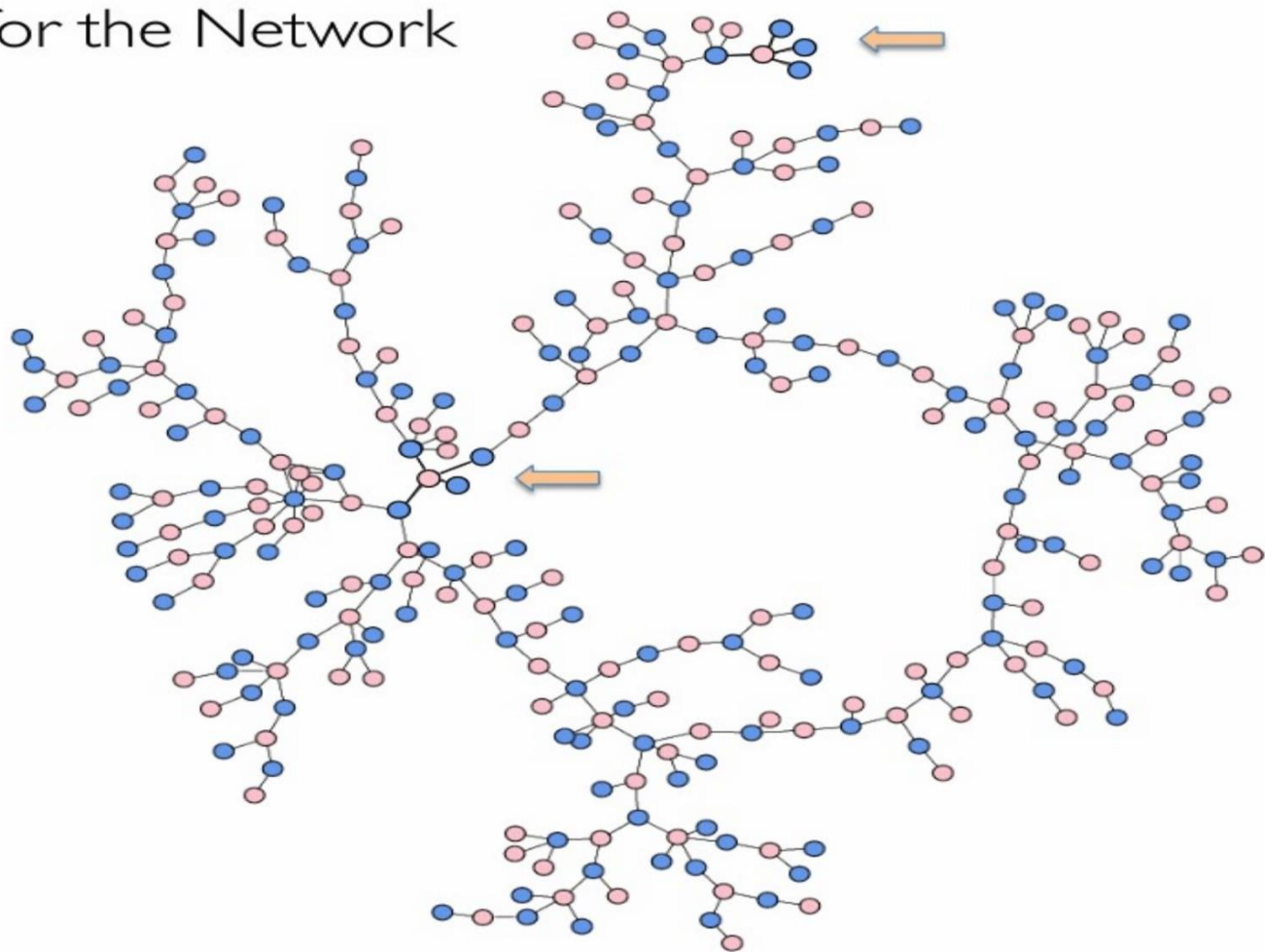
13

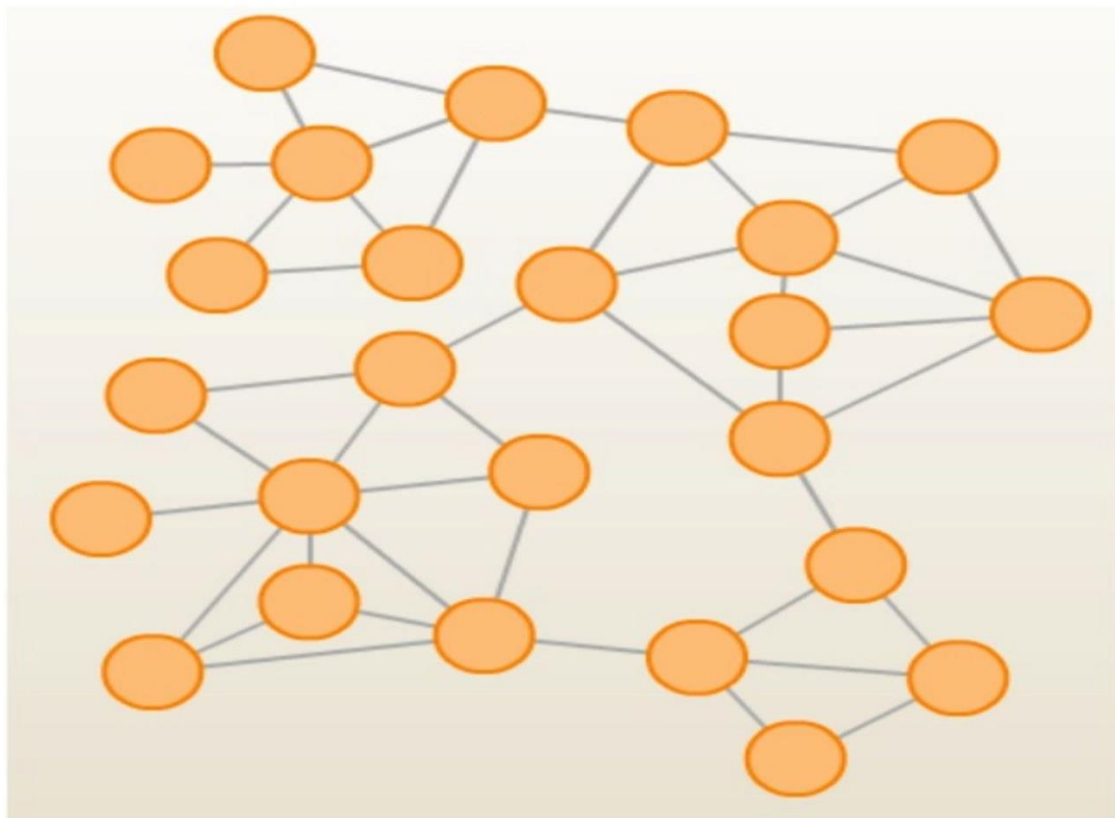
14

Number of students

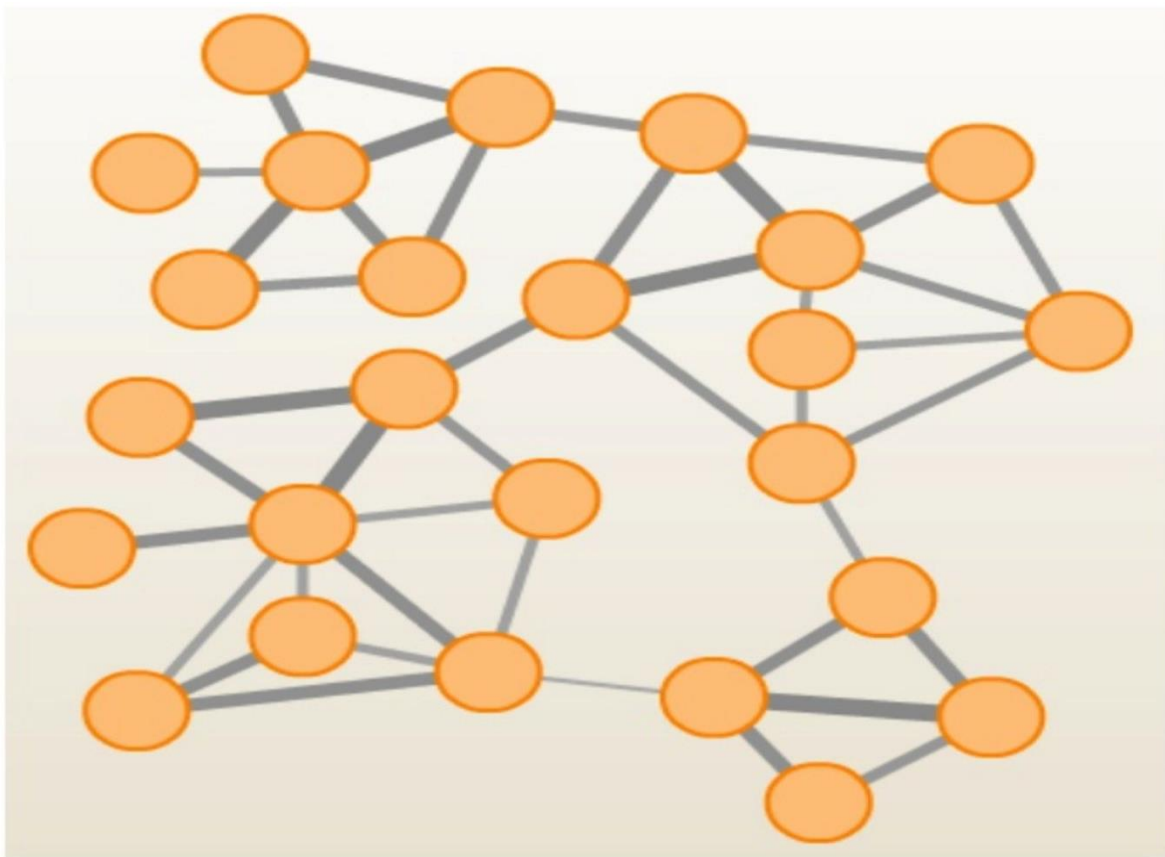


Accounting for the Network



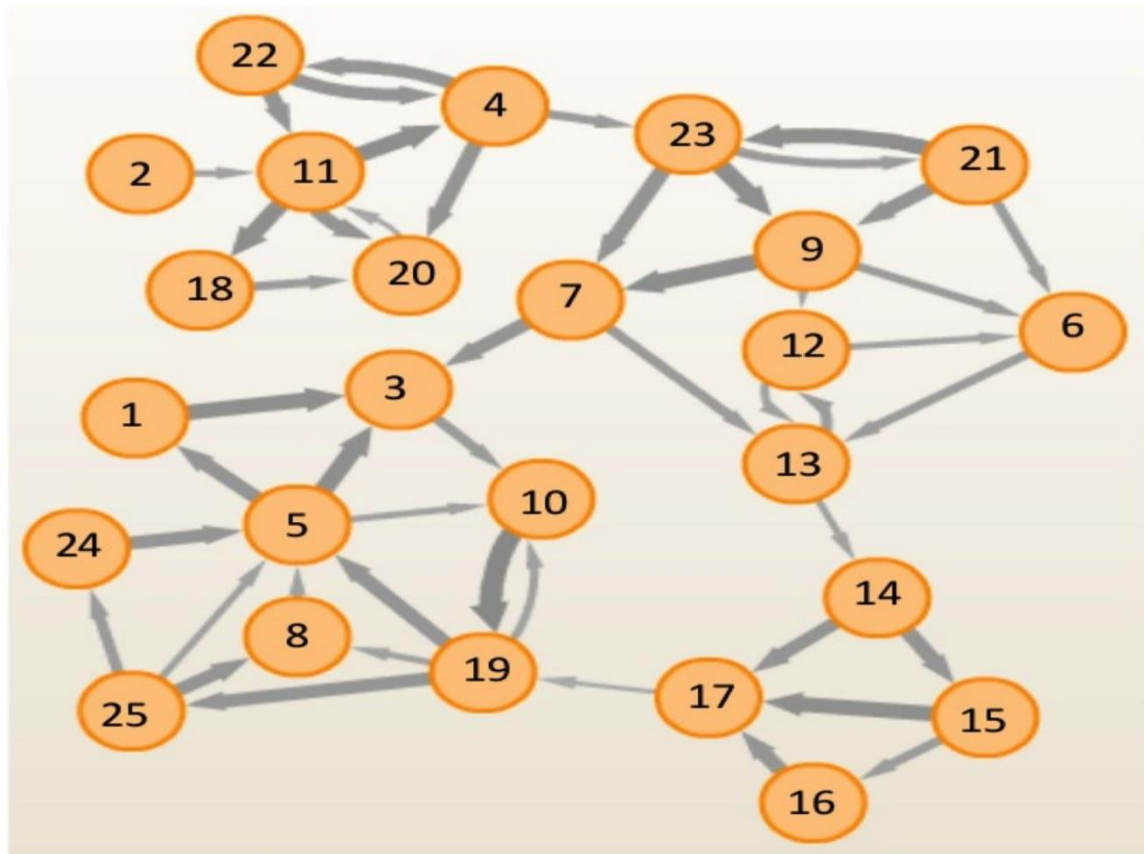


25 nodes and 42 unweighted, undirected links



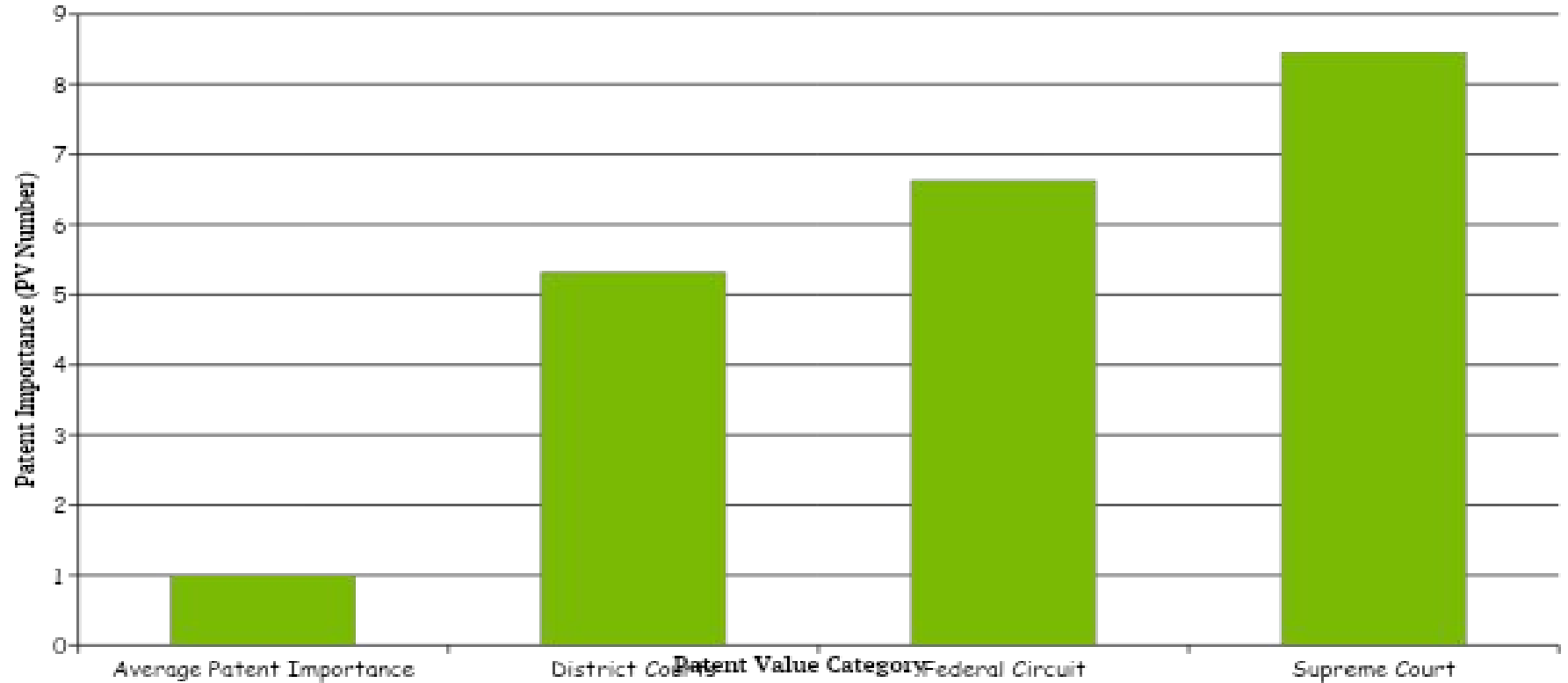
25 nodes and 42 **weighted**, undirected links

Which node is the most central?

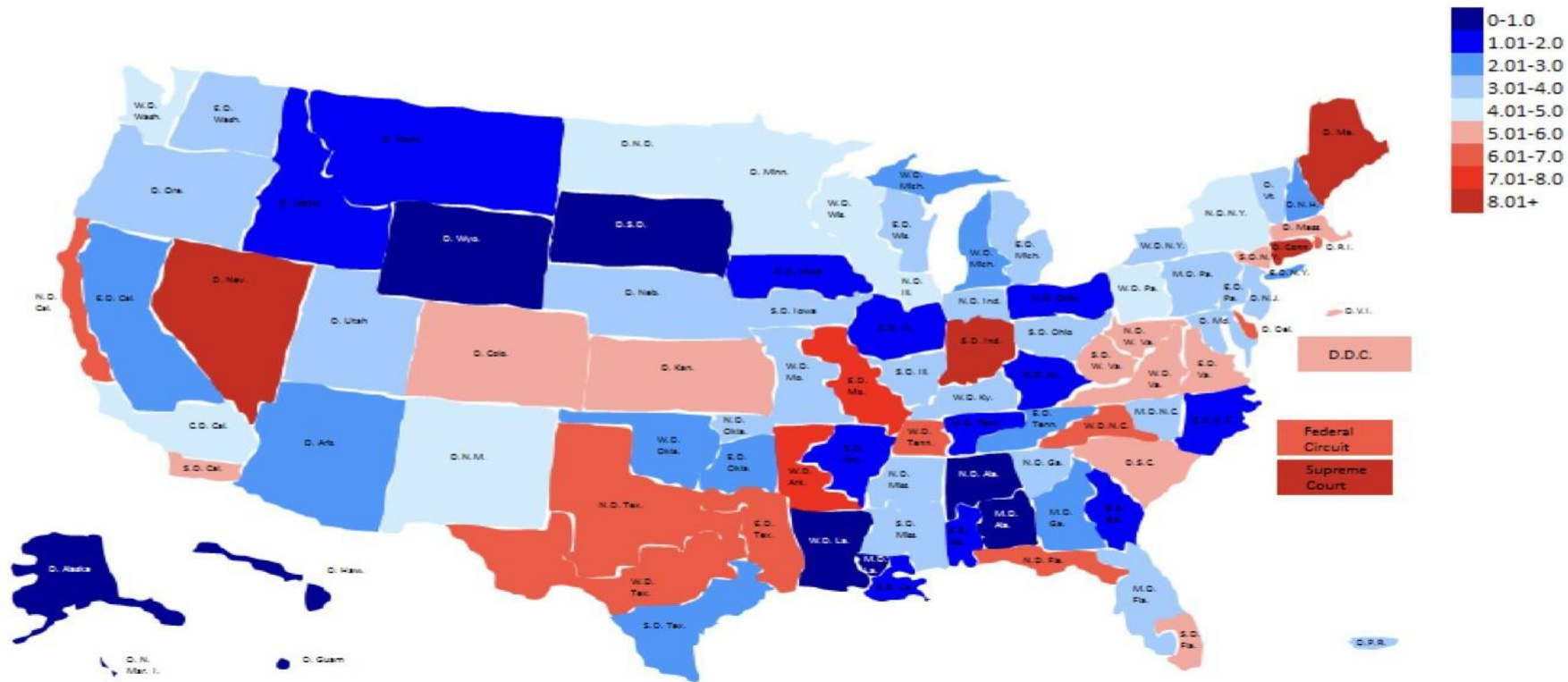


25 nodes and 42 **weighted, directed** links

L'ÉTALON DE RÉFÉRENCE : LITIGES

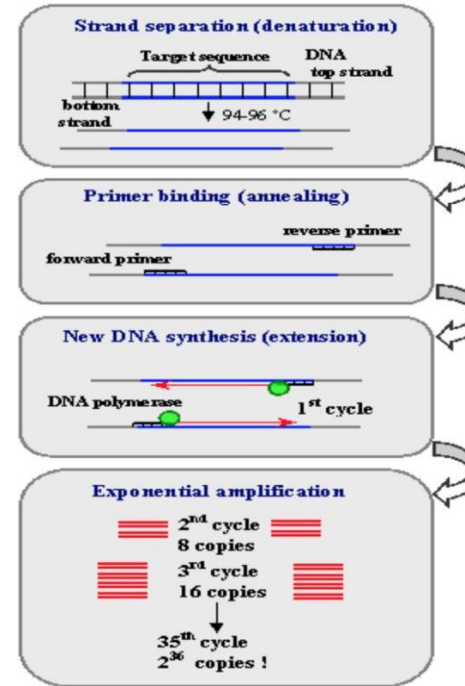


PATENT LITIGATION HEAT MAP



EXEMPLE

- Le brevet américain numéro 4 683 202 est le document de brevet le plus important du réseau
- « Process for amplifying nucleic acid sequences »
- L'inventeur est Kary Mullis
- Plus de 5 000 citations
- Ce brevet est-il important?
 - Revendique une biotechnologie fondamentale
 - NYT : « divisant virtuellement la biologie en deux époques : avant la PCR et après la PCR »
 - Mullis a partagé le prix Nobel de chimie 1993



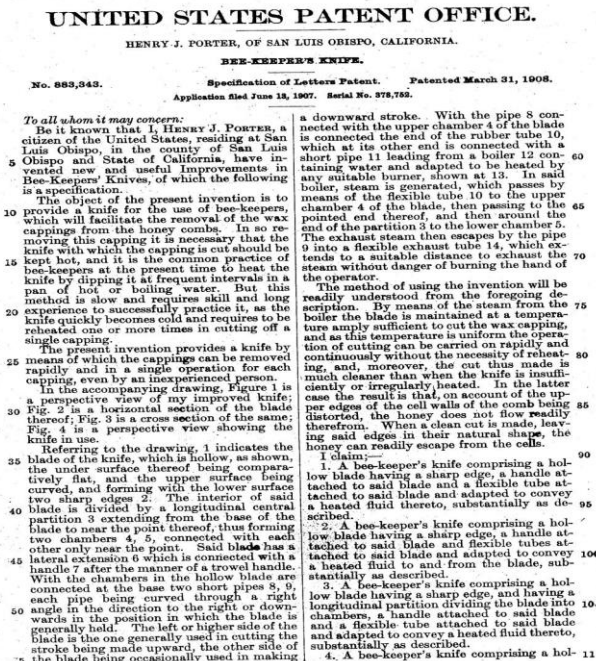
Source : NIH

DONNÉES SUR LES BREVETS

BASE DE DONNÉES	NOMBRE	PATENT VECTOR
COUVERTURE TEMPORELLE	1963-1999 (ou 1976-2006?)	1790-octobre 2022 (US) +++
COUVERTURE DES ADMINISTRATIONS	ÉTATS-UNIS	Toutes les administrations des brevets (~200)
NOMBRE DE BREVETS	~3 millions de brevets délivrés	~150 millions de brevets/demandes
NOMBRE DE CITATIONS	~16 millions	~400 millions
CATÉGORIES DE TECHNOLOGIES	6 majeurs et ~60 mineurs (artificiels)	~31 millions (imbriqués et naturels)
CESSIONNAIRES	Compustat (1999) apparié	Des variantes peuvent être combinées
INVENTEURS	Haute fidélité	Haute fidélité
DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES	Plusieurs champs supplémentaires	Nombreux champs supplémentaires
DONNÉES RELATIVES AUX BREVETS	Aucune?	Litiges, brevets essentiels à l'application d'une norme, médicaments de la FDA

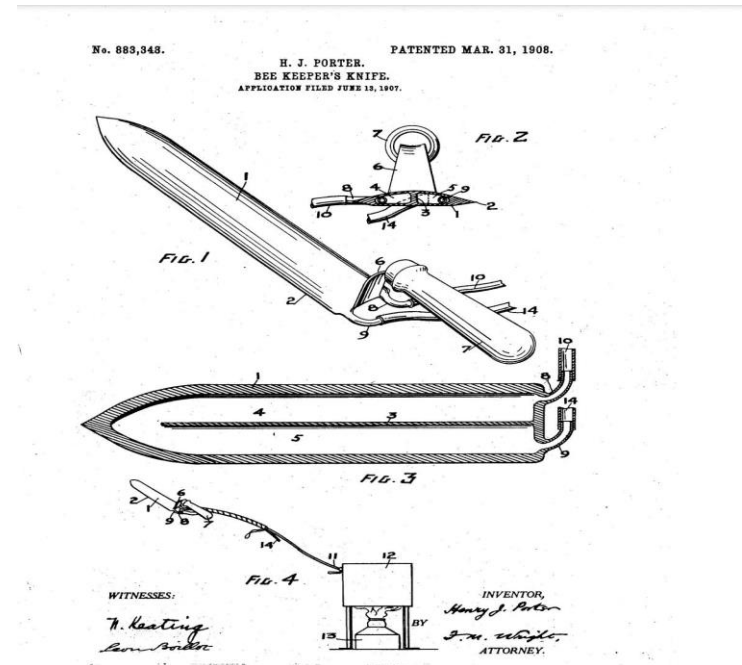
PARABOLE DU COUTEAU DE L'APICULTEUR I

- Les microcathéters sont un domaine technologique utile pour le traitement de l'hypothermie et le refroidissement des patients en vue d'une intervention chirurgicale.
- Il s'agit de tubes (creux) séparés en deux chambres distinctes par une cloison interne.
- Cette technologie a commencé à se développer dans les années 1980 et 1990
- D'où vient le concept?

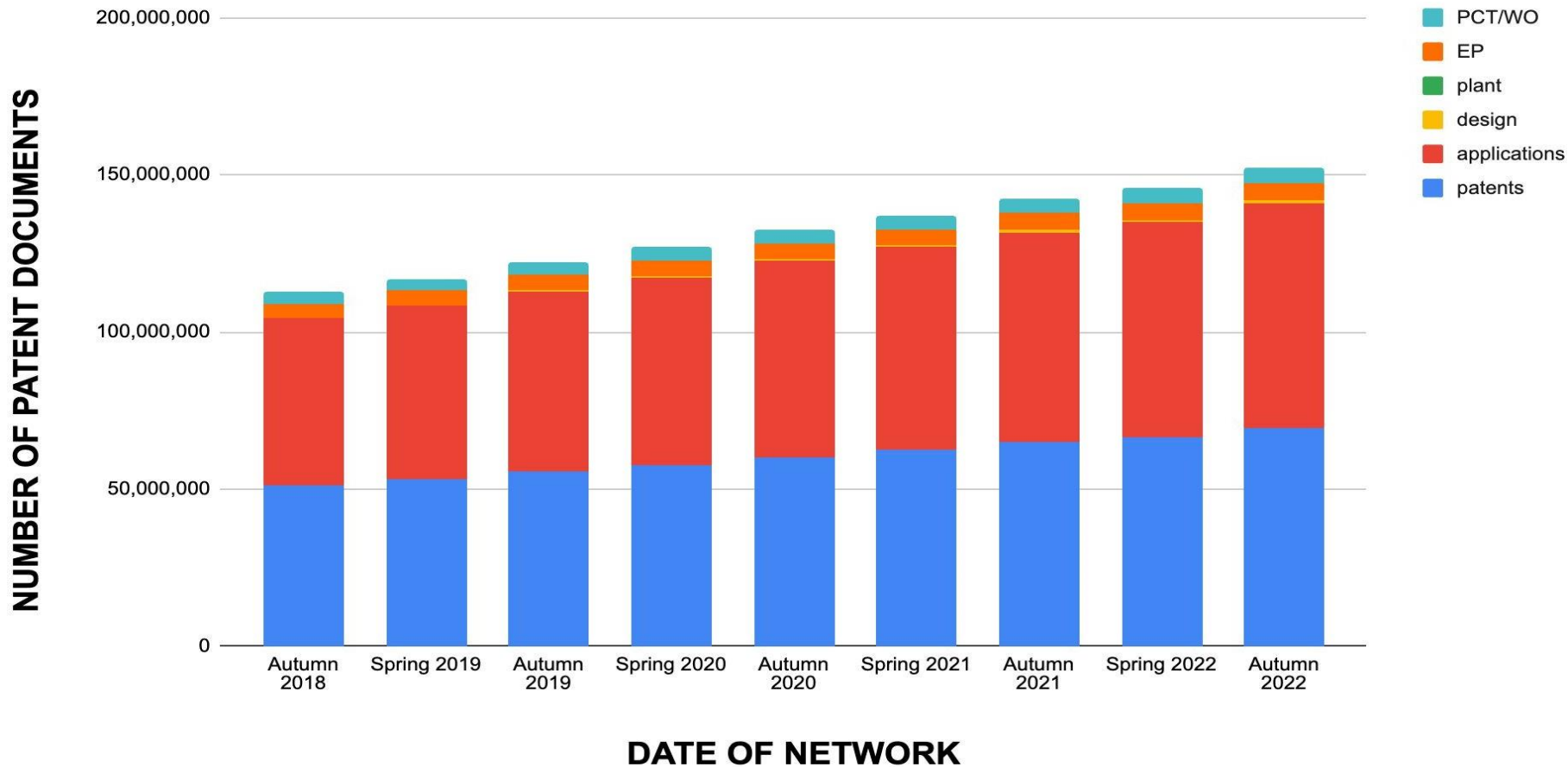


PARABOLE DU COUTEAU DE L'APICULTEUR II

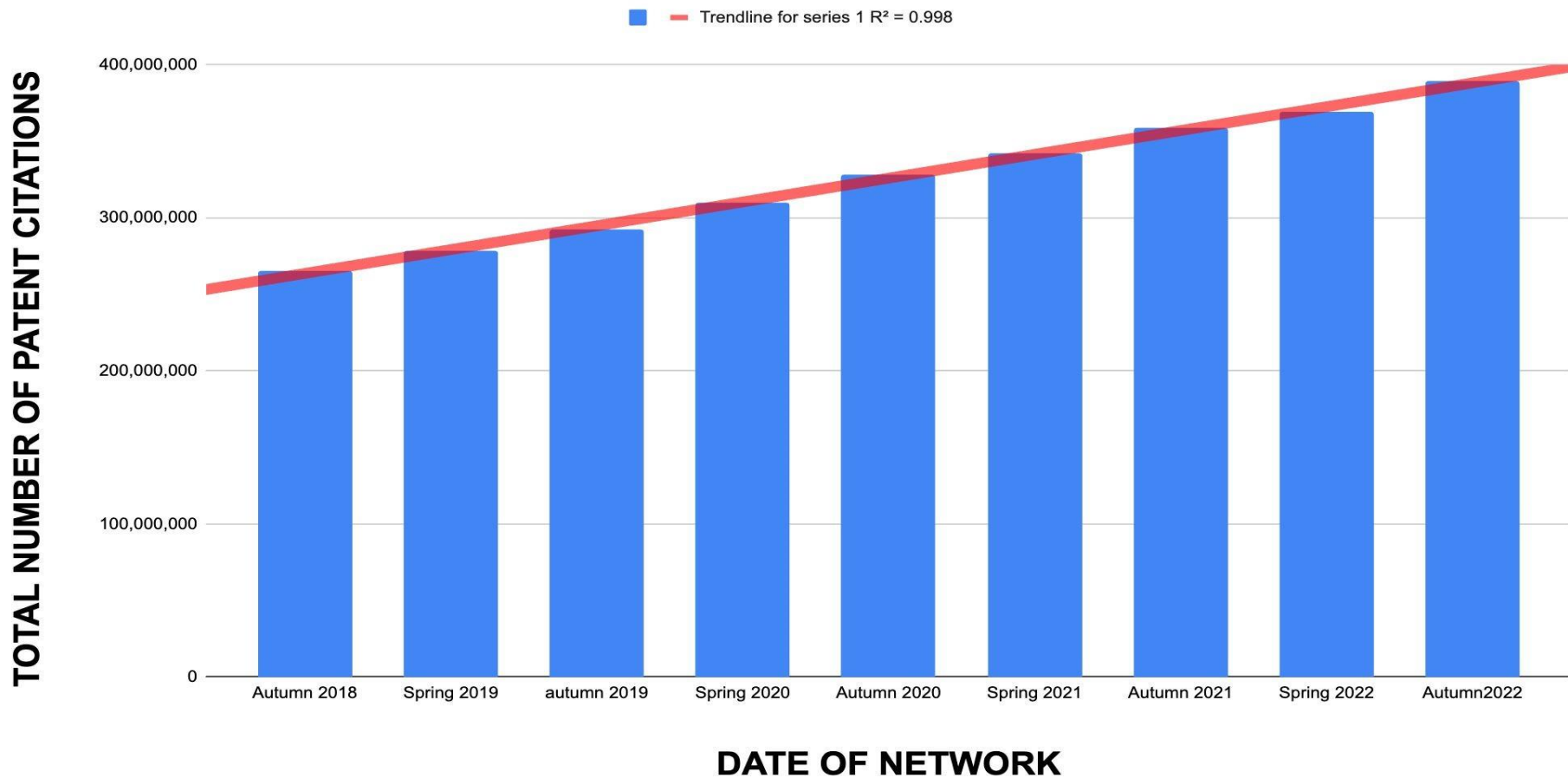
- Il s'avère que l'origine du concept technologique des cathéters à microtubes de chaleur se trouve dans le « Couteau de l'apiculteur » de 1908
- Cette invention concerne un couteau creux qui peut être chauffé en faisant passer de l'eau chaude à l'intérieur, qui est séparé par un septum
- LES RECHERCHES PAR MOTS NE PERMETTRONT PAS DE DÉTERMINER LE COUTEAU DE L'APICULTEUR, MAIS LES MÉTHODES DE RÉSEAU GARANTISSENT QUE CE BREVET – ET D'AUTRES – PEUVENT ÊTRE LOCALISÉS AU MOYEN DE CONCEPTS



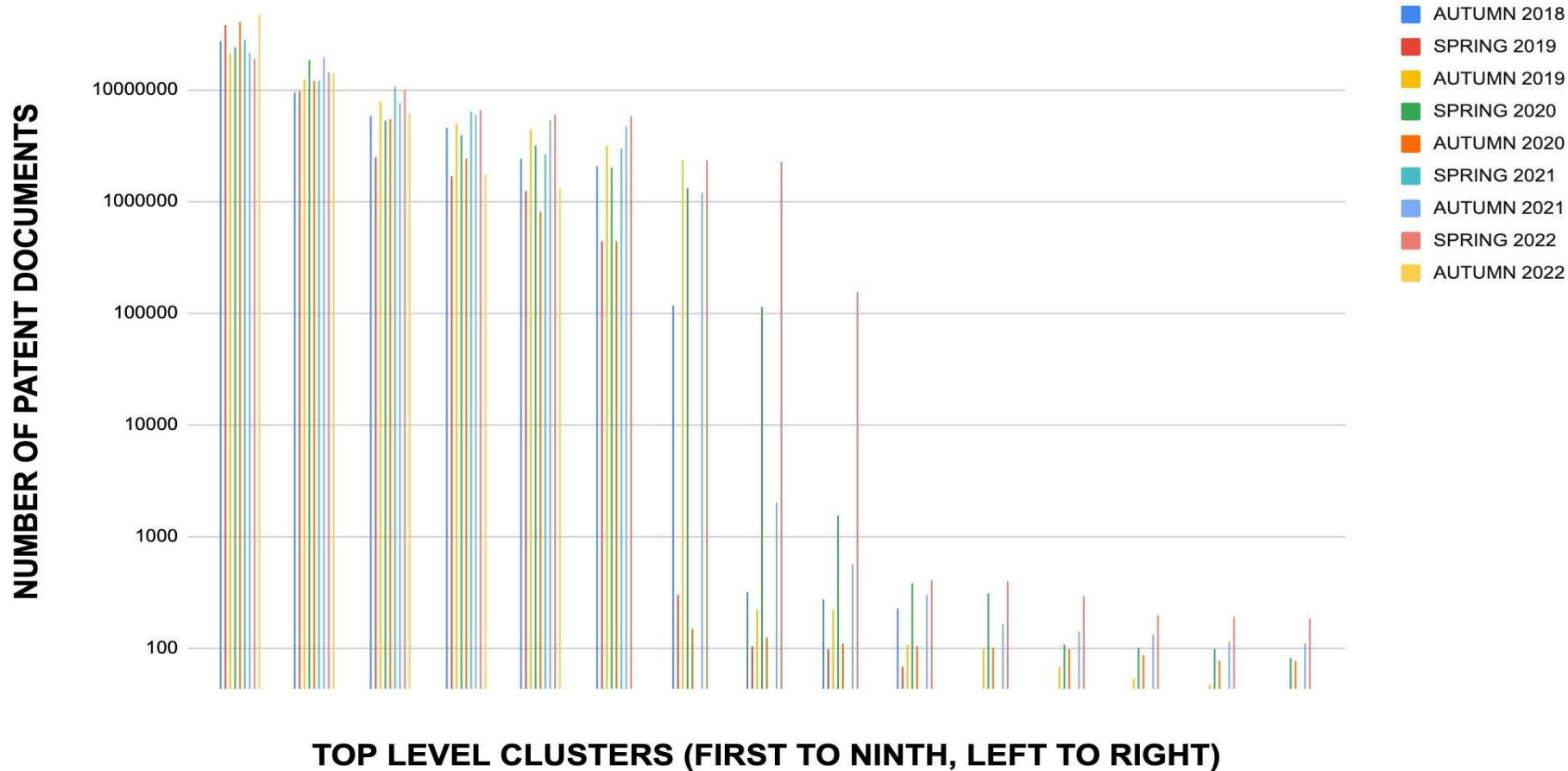
NUMBER OF PATENT DOCUMENTS OVER TIME



TOTAL NUMBER OF PATENT CITATIONS OVER TIME

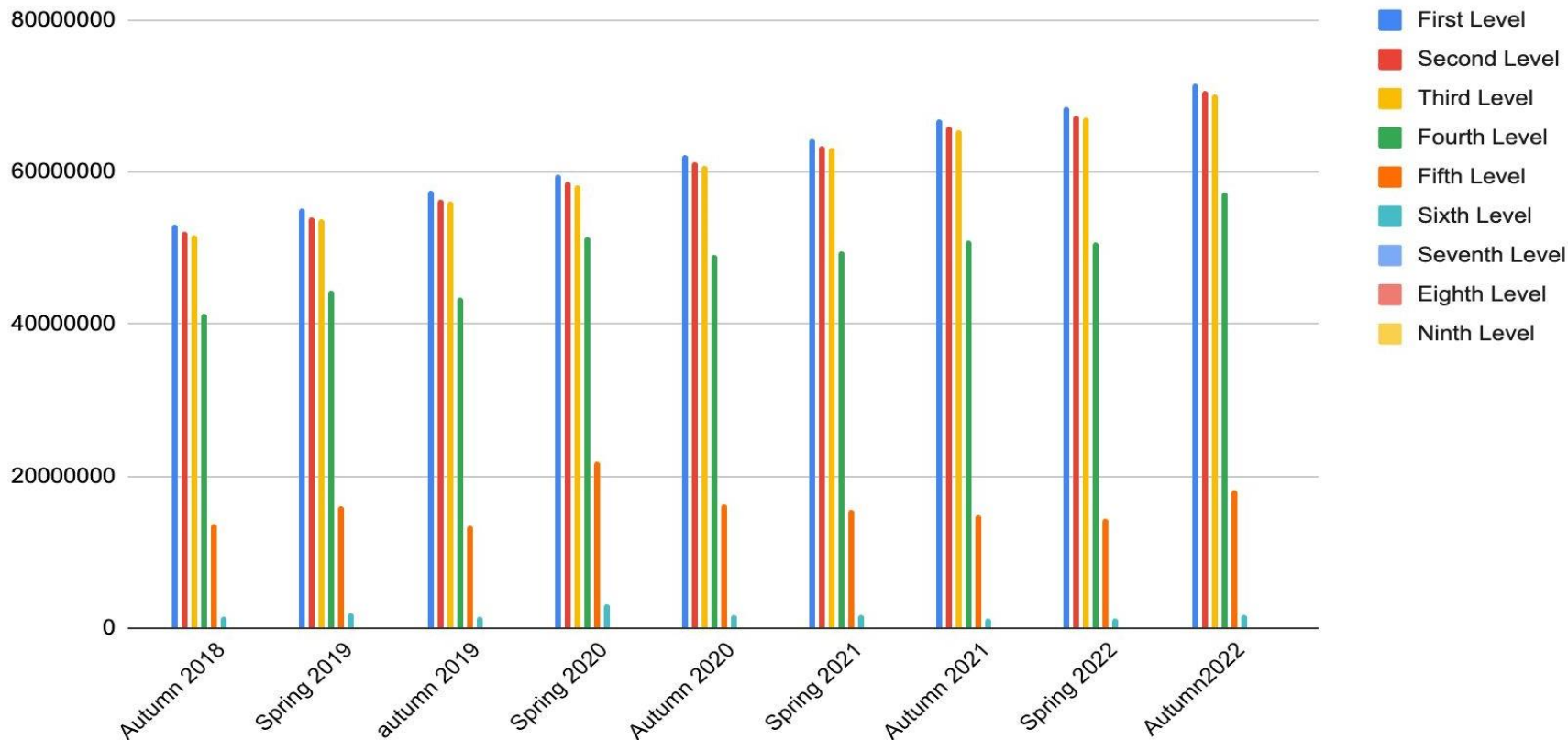


NUMBER OF PATENT DOCUMENTS BY NETWORK DEPTH



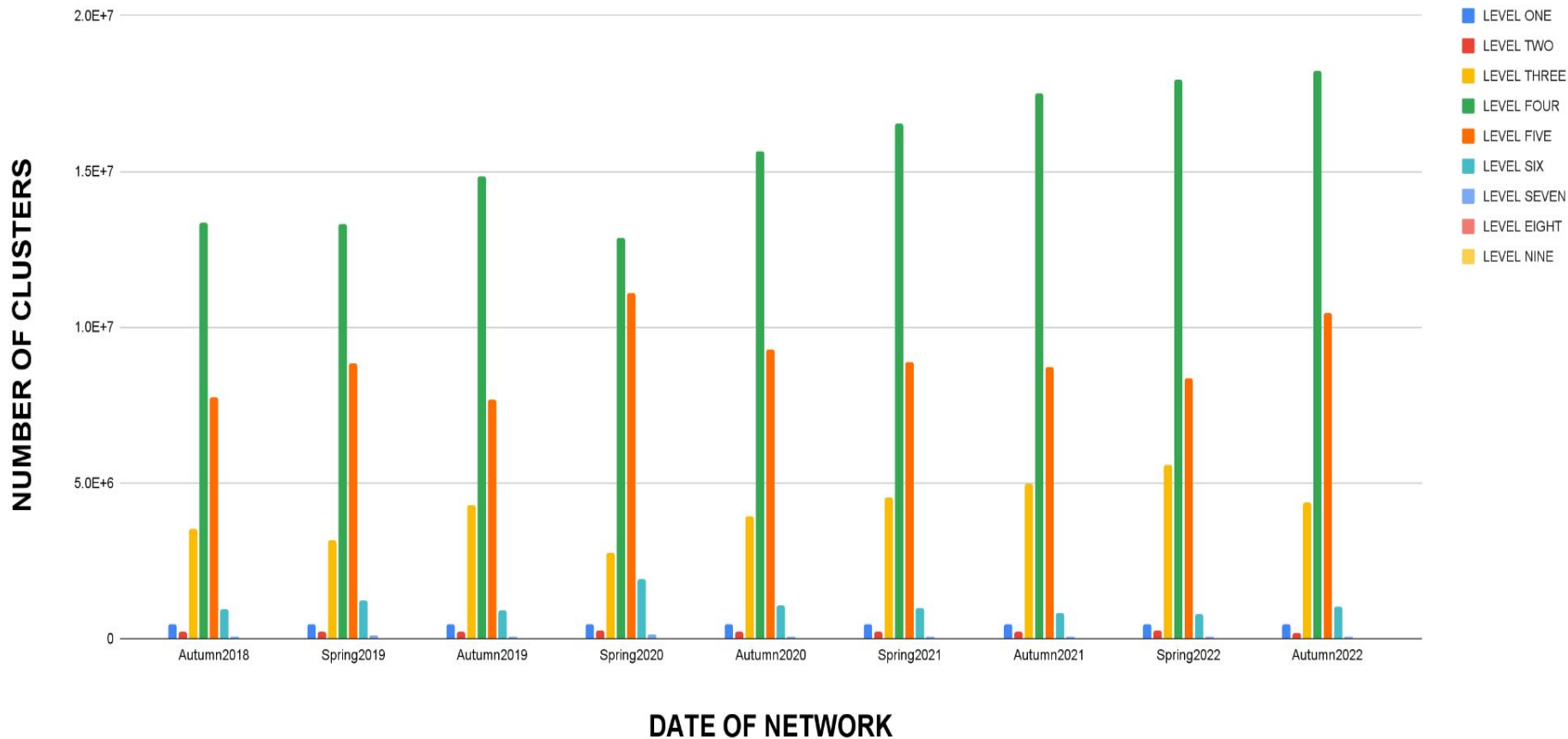
DISTRIBUTION OF PATENT DOCUMENTS BY NETWORK DEPTH

NUMBER OF PATENT DOCUMENTS

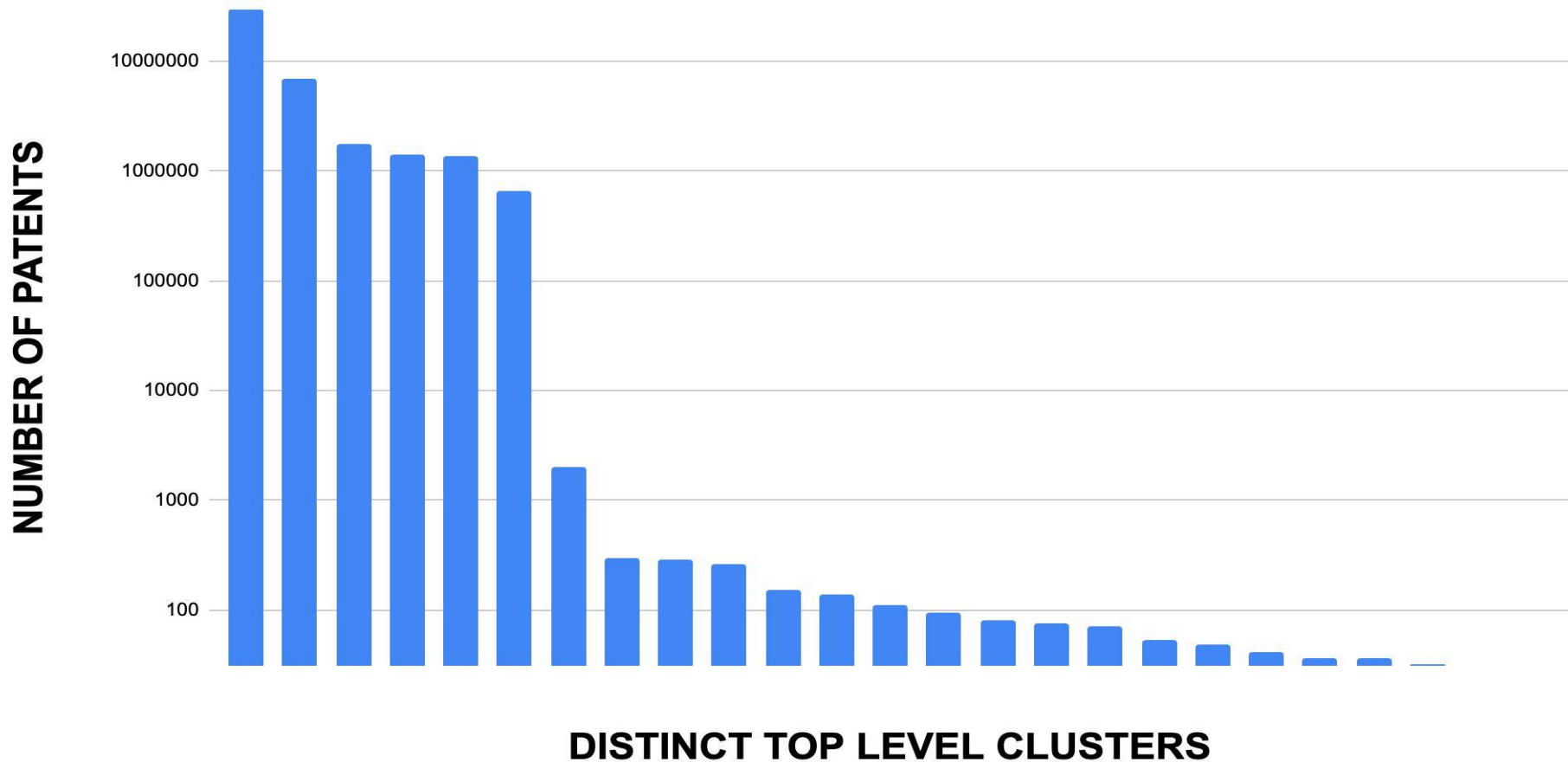


DATE OF NETWORK

DISTRIBUTION OF CLUSTERS BY DEPTH



DISTRIBUTION OF PATENTS IN TOP LEVEL FAMILY CLUSTERS



Trade in Knowledge

Intellectual Property, Trade and Development
in a Transformed Global Economy

Edited by Antony Taubman
and Jayashree Watal



Global Ebbs and Flows of Patent Knowledge

ANDREW W. TORRANCE, JEVIN D. WEST
AND LISA C. FRIEDMAN

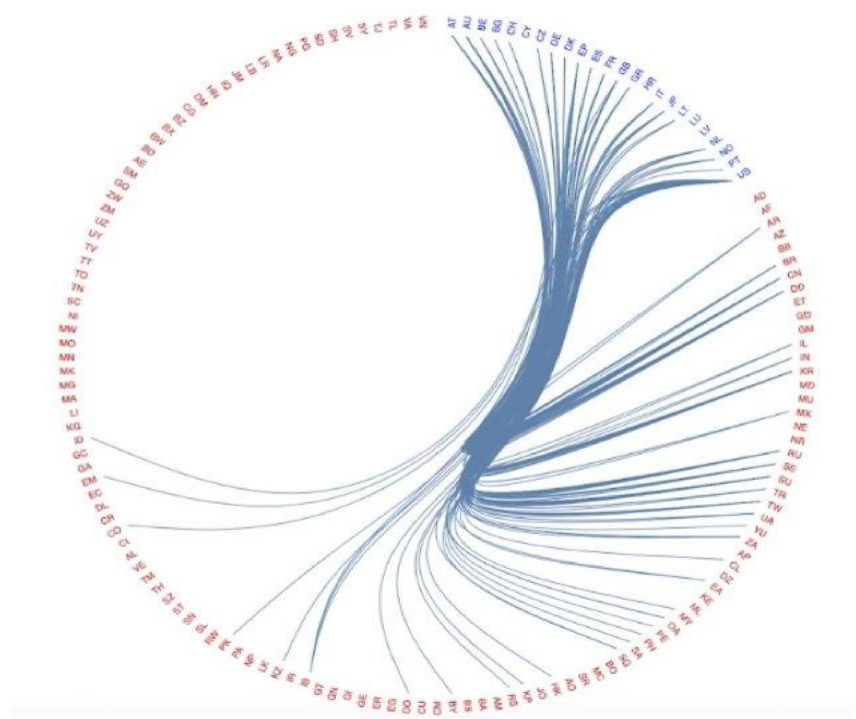
Abstract

We use patent citation data to map the flows of technical knowledge, and in particular to test three hypotheses. First, that the net flow of technical knowledge tends to be from more developed to less developed countries. Second, that the trajectory of climate change-mitigation knowledge flow increased (especially from developed to developing countries) after the 1997 Kyoto Protocol and the 2015 Paris Agreement on climate change. Third, that the trajectory of pharmaceutical knowledge flow increased after the conclusion of the TRIPS Agreement. We find that massive amounts of technical information are exchanged, among countries around the world, in sometimes surprising patterns. Developed country patents supply a disproportionate amount of patent citations compared to patents from developing countries, and the importance of technical knowledge thereby transferred is disproportionately high. However, we observe some evidence that this imbalance in knowledge flow may be beginning to reverse itself, as developing country patents have become increasingly cited by those in developed countries, and the importance of developing world patents has grown. We did not discern evidence that the Kyoto Protocol has spurred knowledge flow in climate-mitigation technology, but found some preliminary evidence consistent with an effect by the Paris Agreement. We did find evidence consistent with the possibility that the TRIPS Agreement may have spurred pharmaceutical (and more general) knowledge flow.

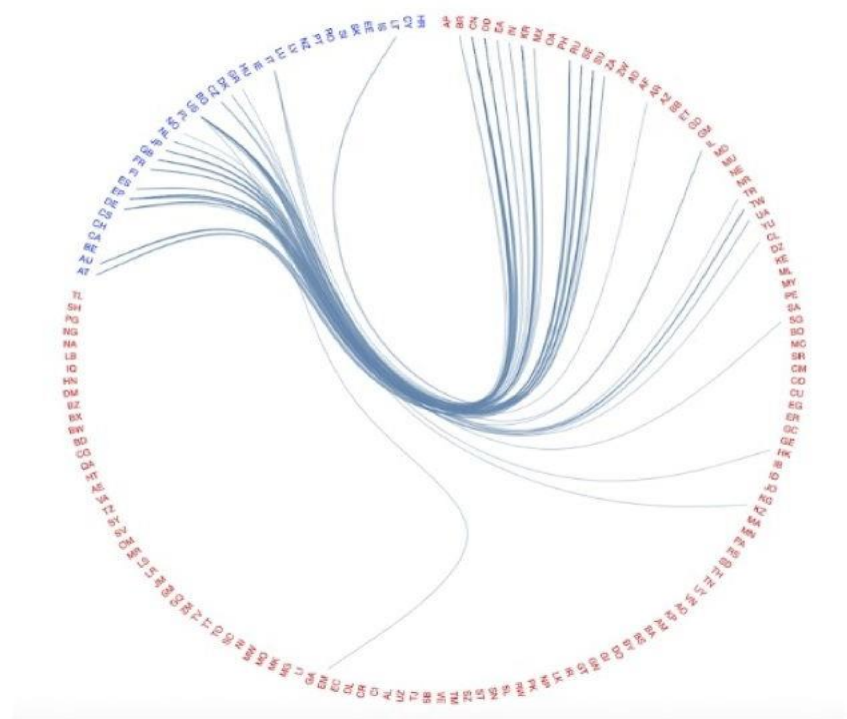
Introduction

Patents and patent applications contain rich sources of scientific and technical information. By their very name, patents – derived from a Latin word meaning ‘open’ – make their information freely available to the public. They describe new devices, machines, systems, molecules and even living organisms, as well as methods for making and using them. Transfer of technical knowledge among people, firms, institutions and governments

FIGURE 24. DIRECTIONAL KNOWLEDGE FLOW BETWEEN DEVELOPED AND DEVELOPING WORLD COUNTRIES

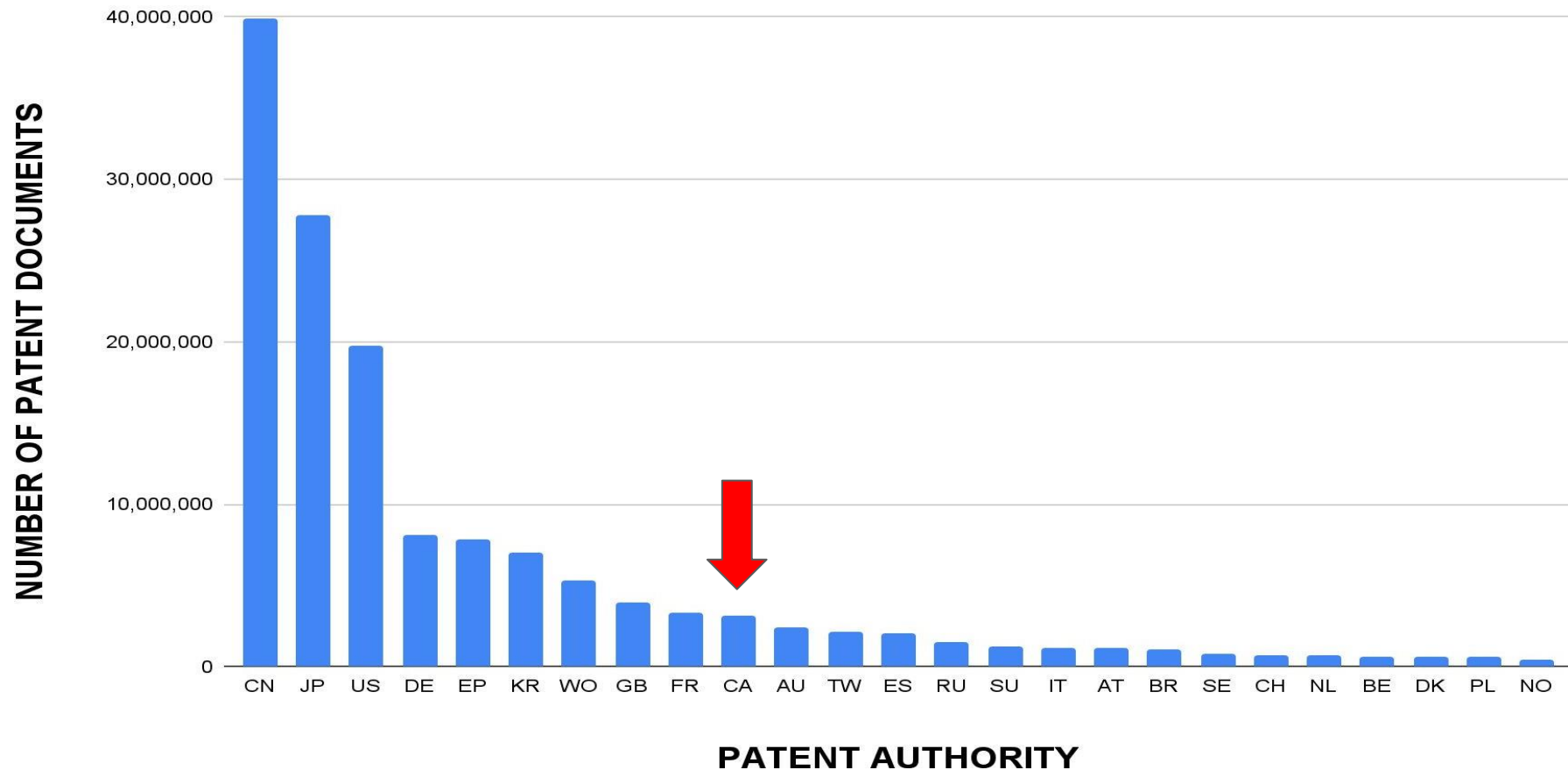


Developed → Developing

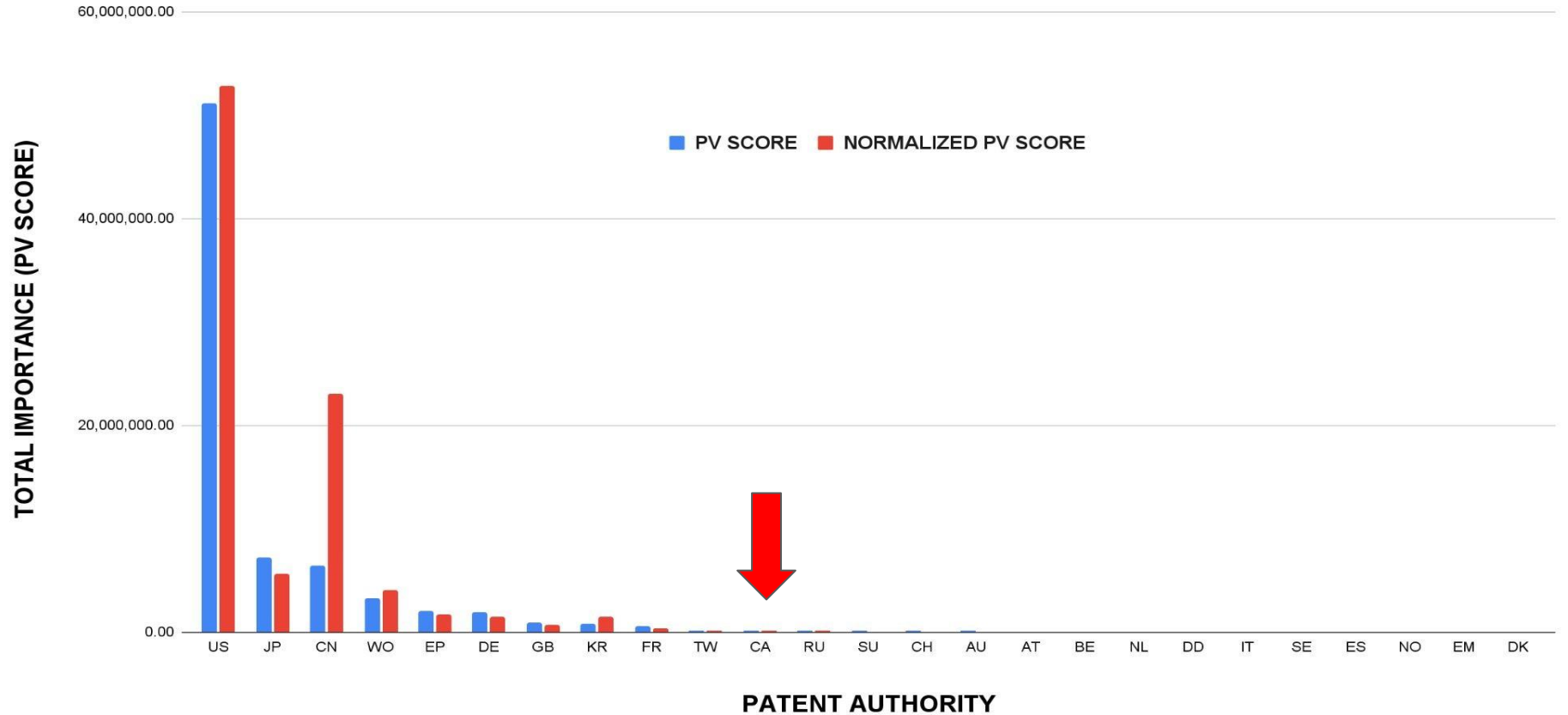


Developing → Developed

GREATEST NUMBER OF PATENT DOCUMENTS

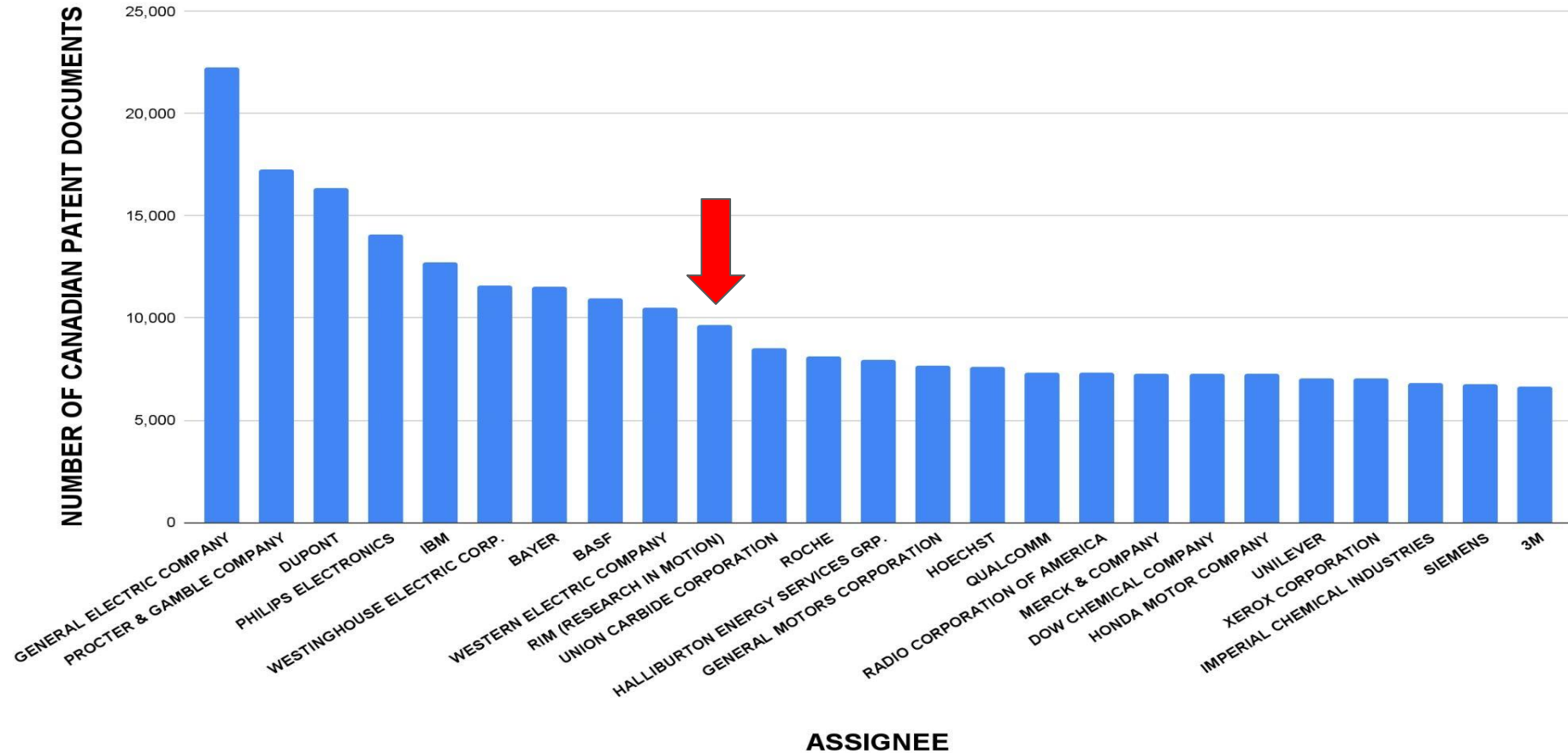


TOTAL PATENT IMPORTANCE BY AUTHORITY

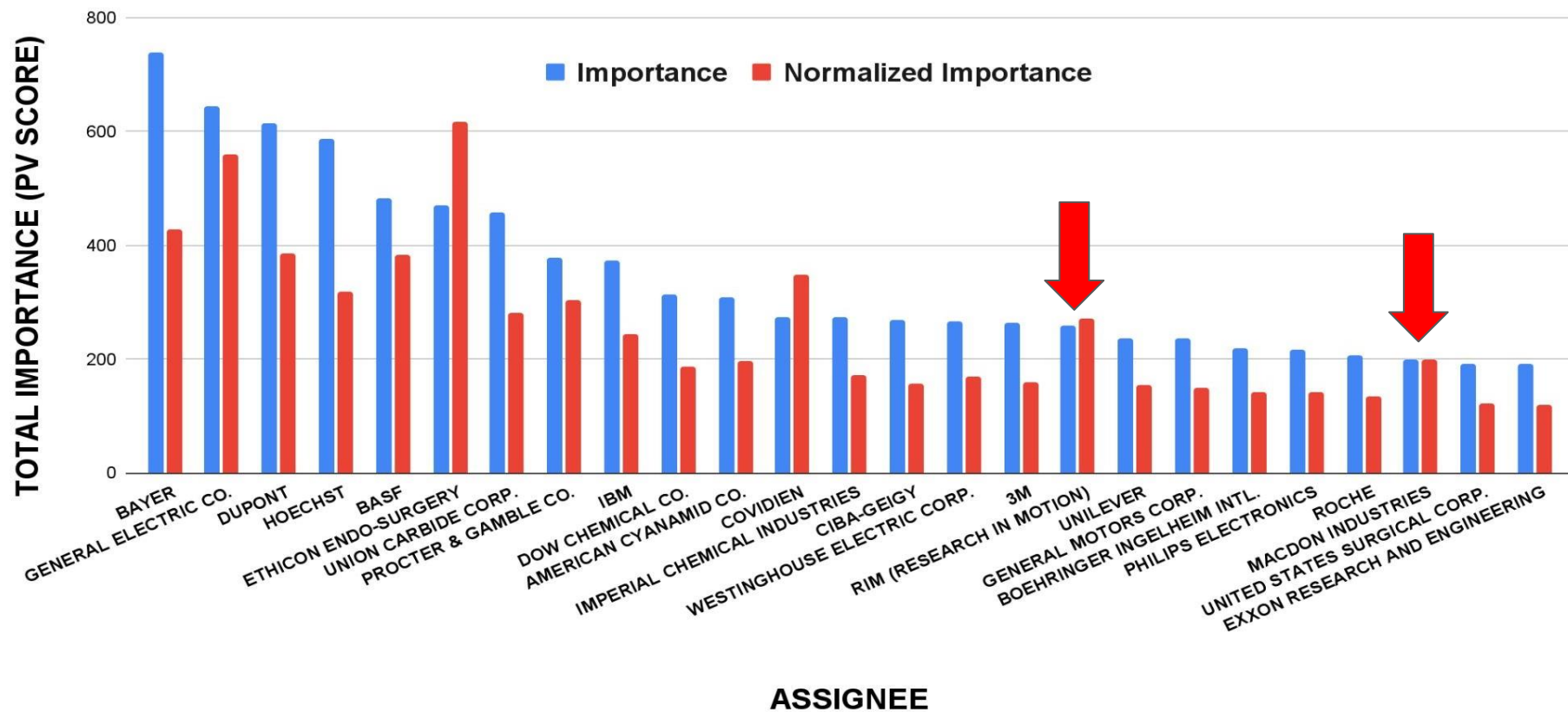




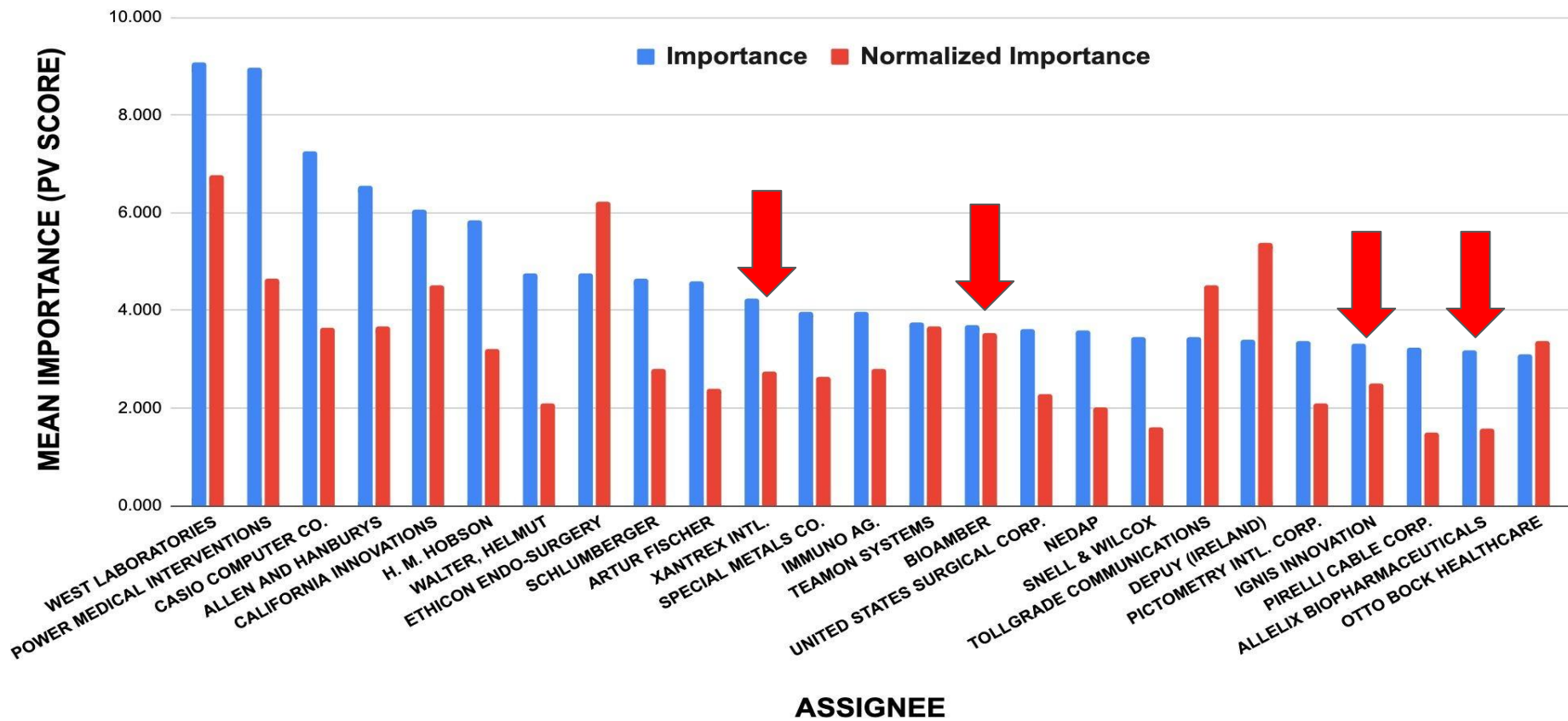
TOP OWNERS OF CANADIAN PATENTS



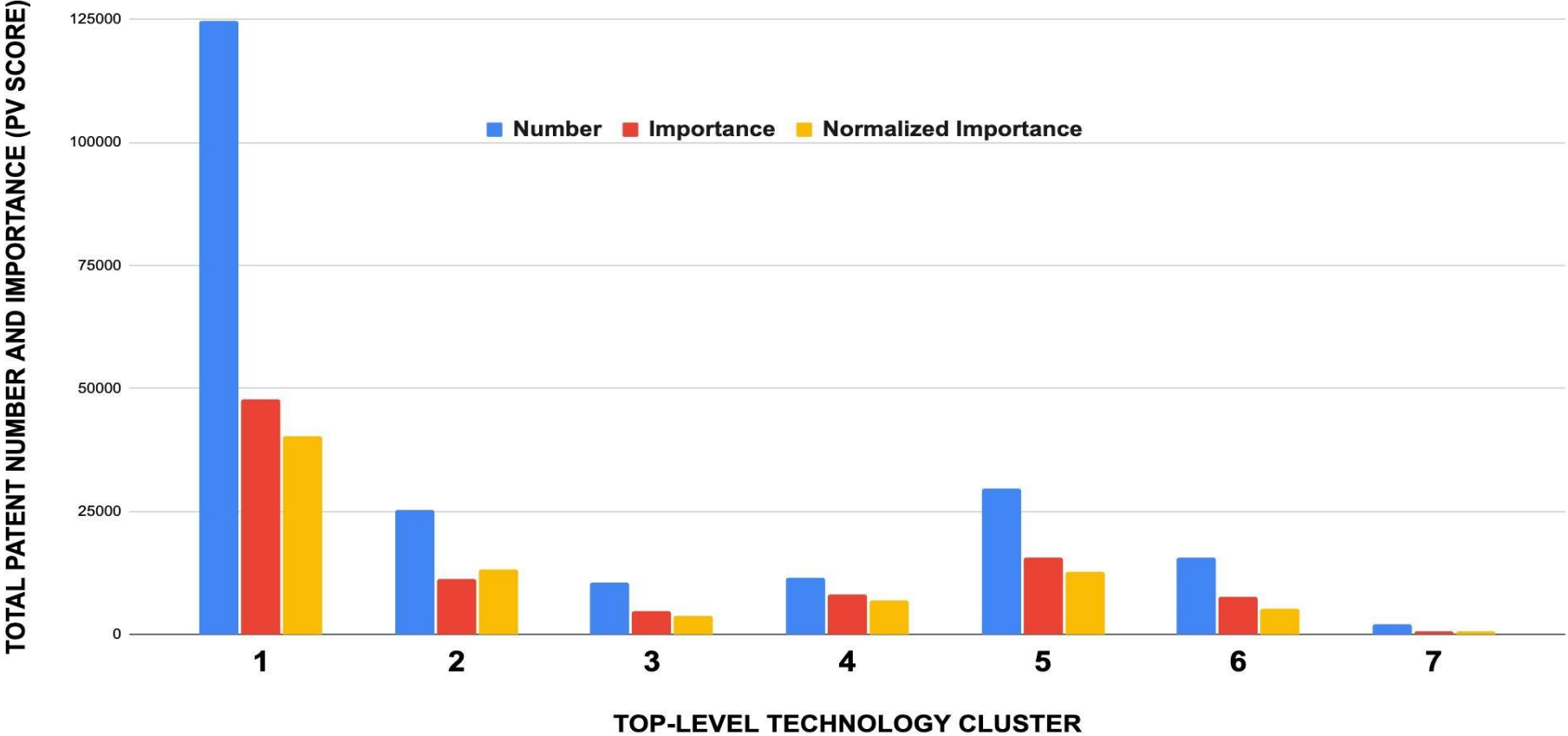
TOTAL IMPORTANCE OF CANADIAN PATENTS BY OWNER



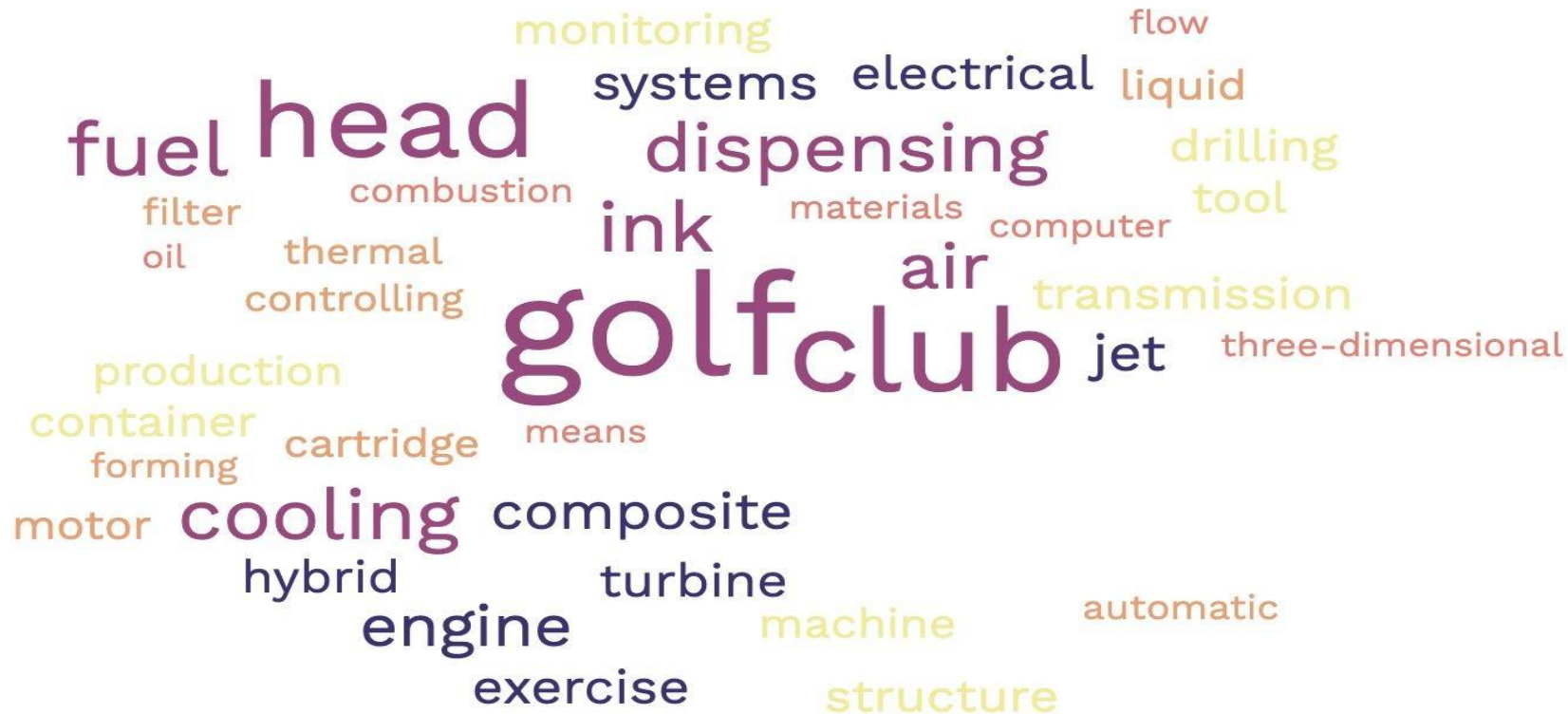
MEAN IMPORTANCE OF CANADIAN PATENTS BY OWNER



CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



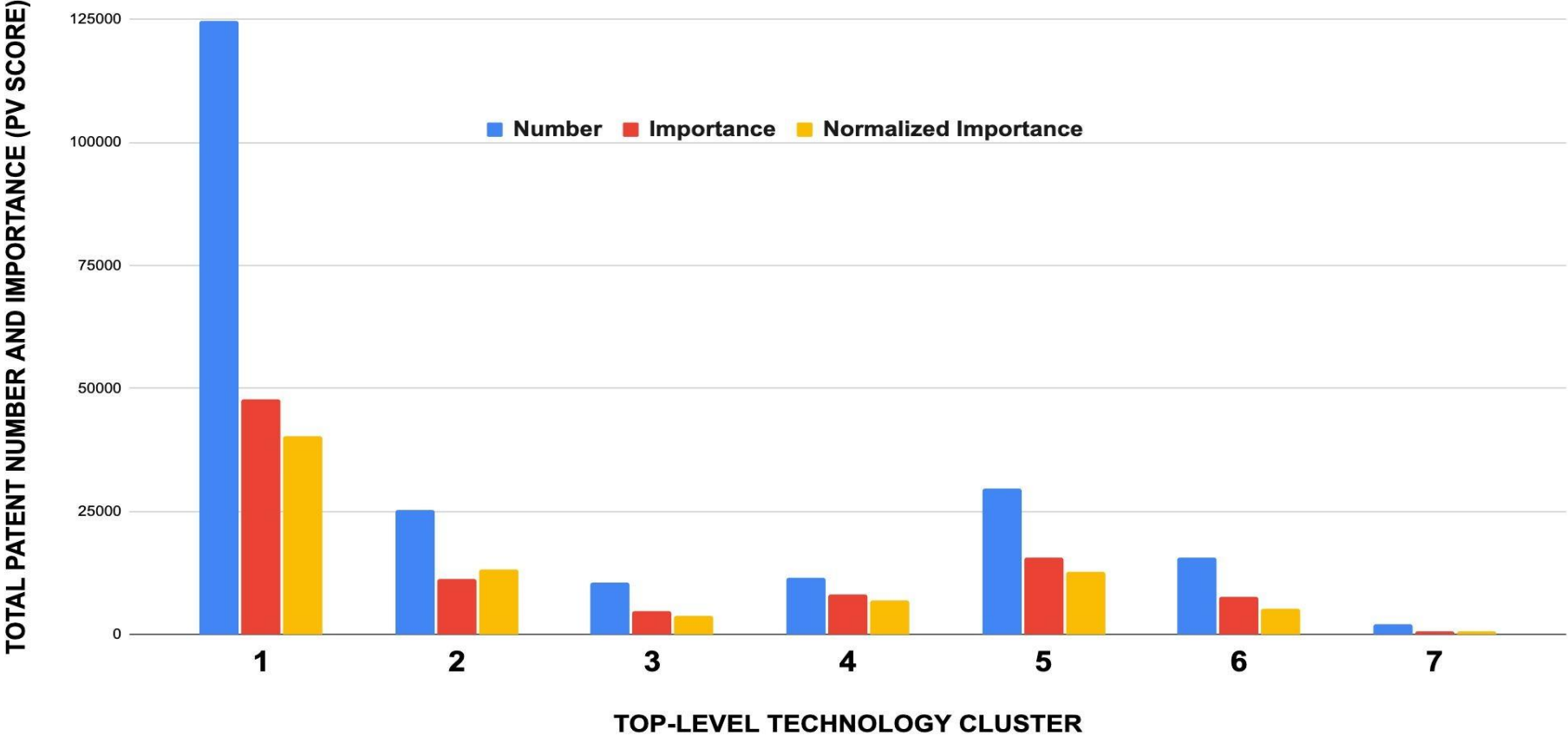
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 1



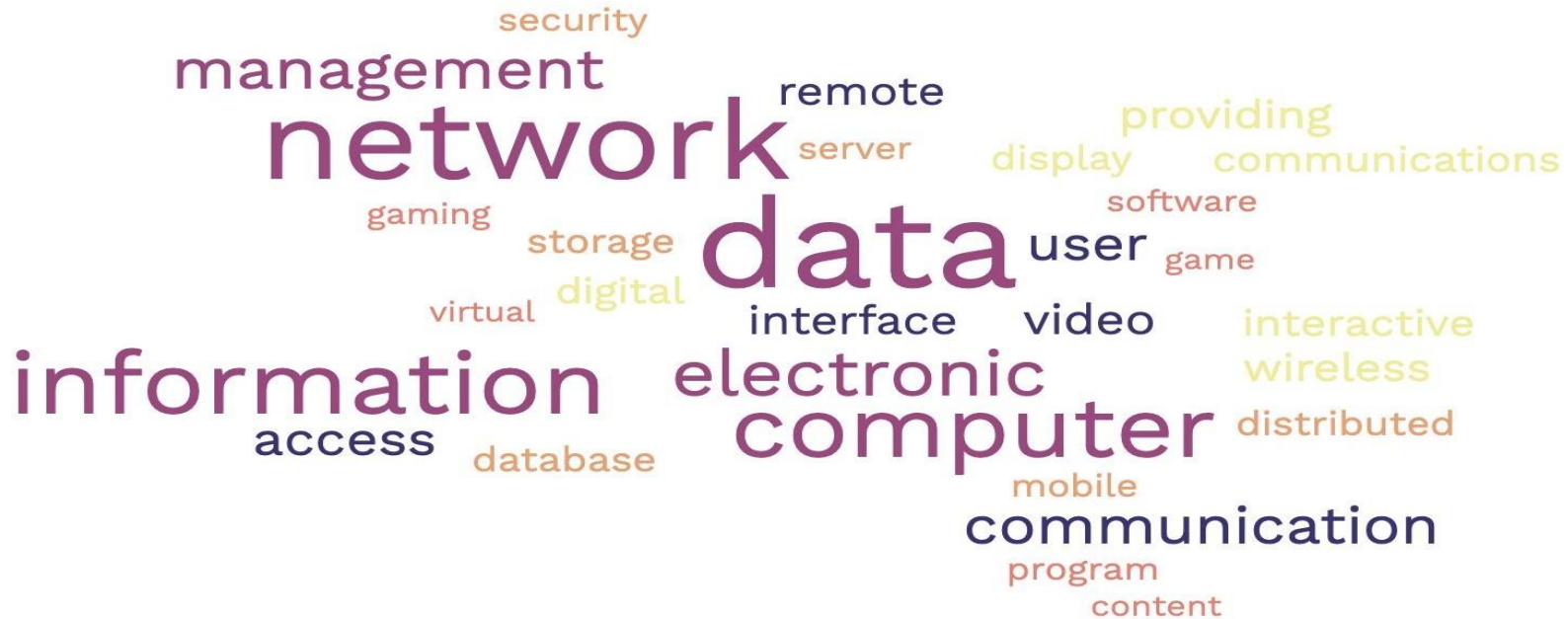
A word cloud featuring various technical and industrial terms. The words are arranged in a roughly circular pattern, with some terms being significantly larger than others. The colors of the words include shades of purple, blue, green, yellow, and orange. The terms are as follows:

- fuel
- head
- filter
- oil
- thermal
- controlling
- production
- container
- forming
- motor
- cooling
- hybrid
- engine
- exercise
- combustion
- systems
- electrical
- dispensing
- ink
- materials
- computer
- air
- transmission
- jet
- three-dimensional
- means
- composite
- turbine
- machine
- automatic
- structure
- monitoring
- flow
- liquid
- drilling
- tool

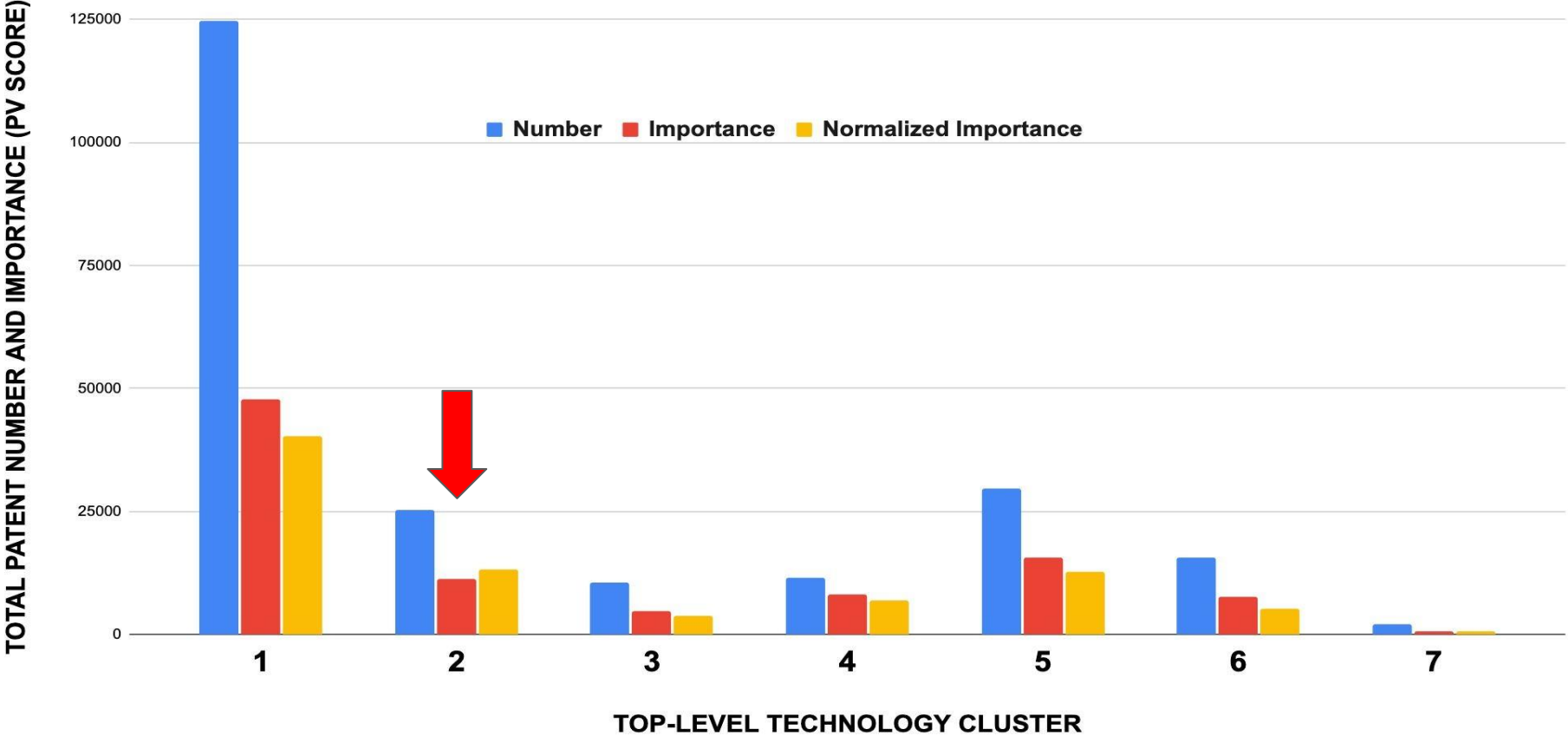
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



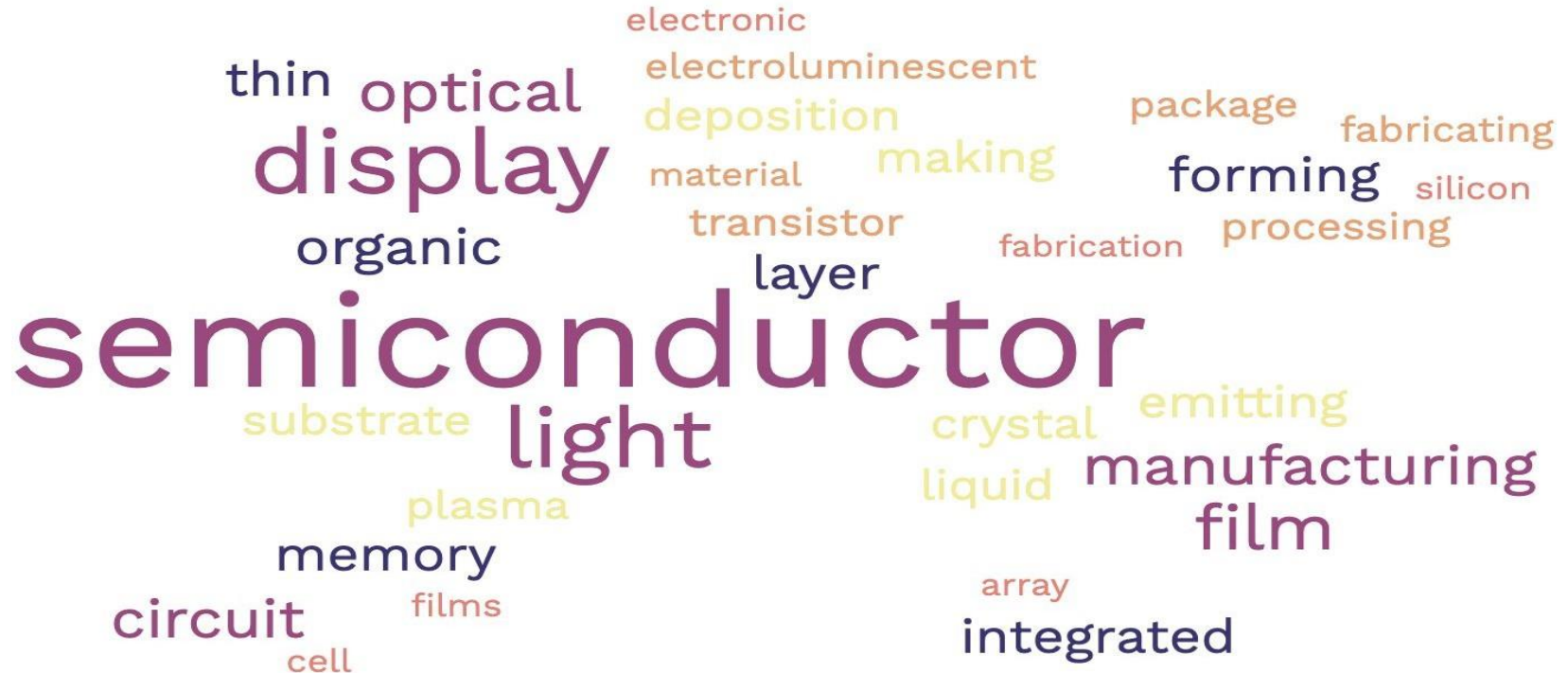
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 2



CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



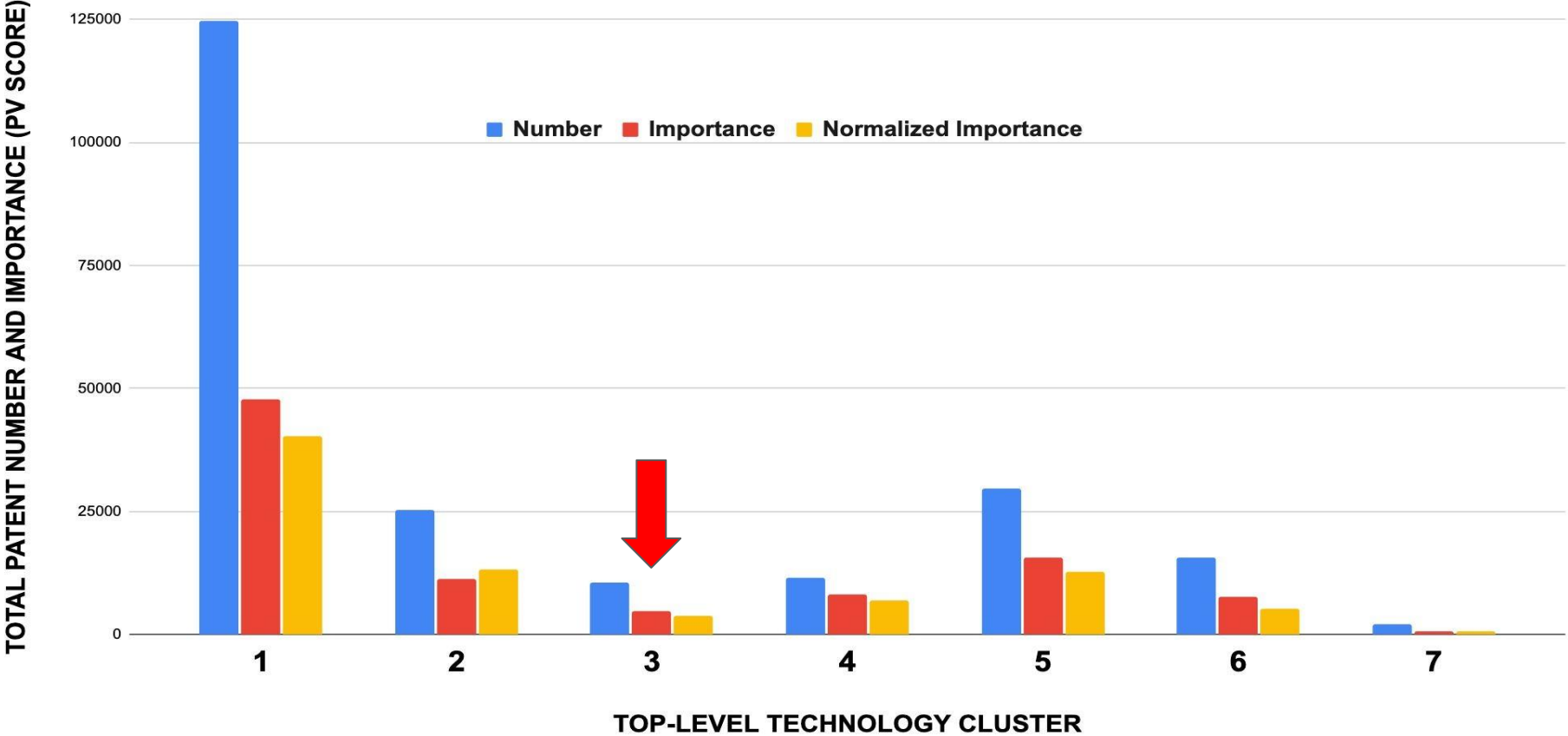
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 3



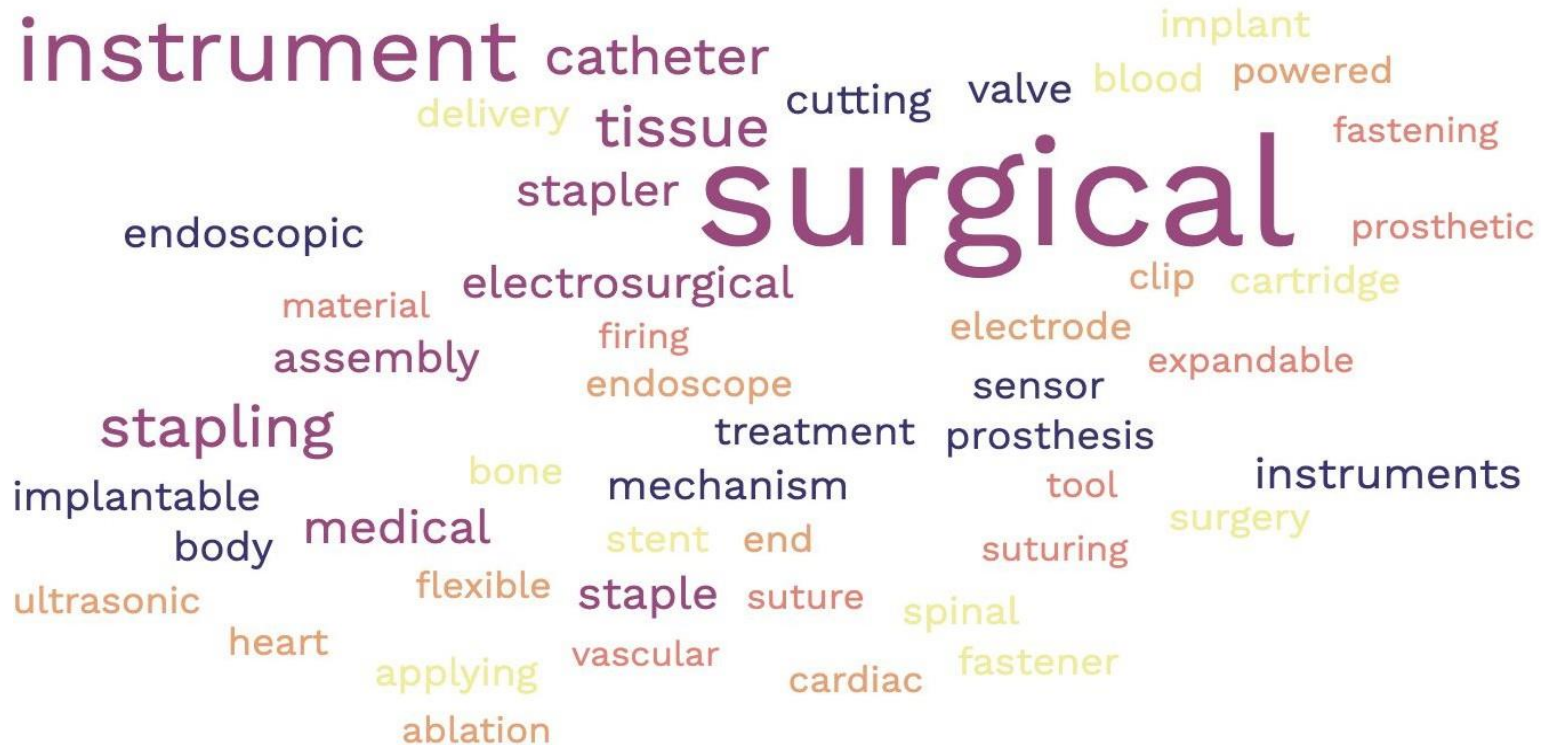
A word cloud centered around the word "semiconductor". The words are arranged in a circular pattern around the central term, with varying font sizes and colors. The colors range from dark purple to light yellow. The words include:

- semiconductor
- display
- optical
- thin
- organic
- substrate
- light
- plasma
- memory
- circuit
- cell
- films
- electronic
- electroluminescent
- deposition
- material
- transistor
- layer
- making
- package
- fabricating
- forming
- silicon
- processing
- fabrication
- emitting
- crystal
- liquid
- manufacturing
- film
- array
- integrated

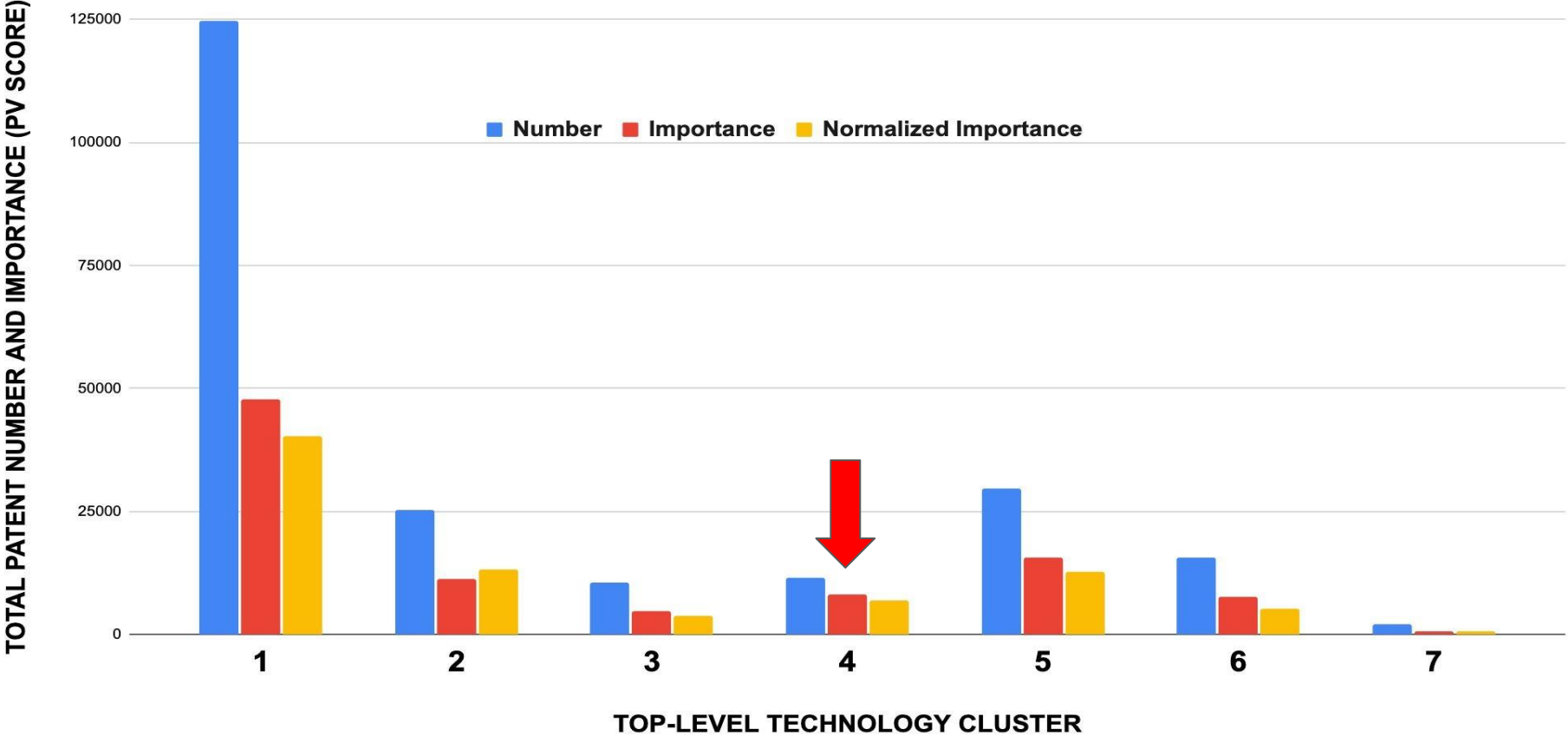
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



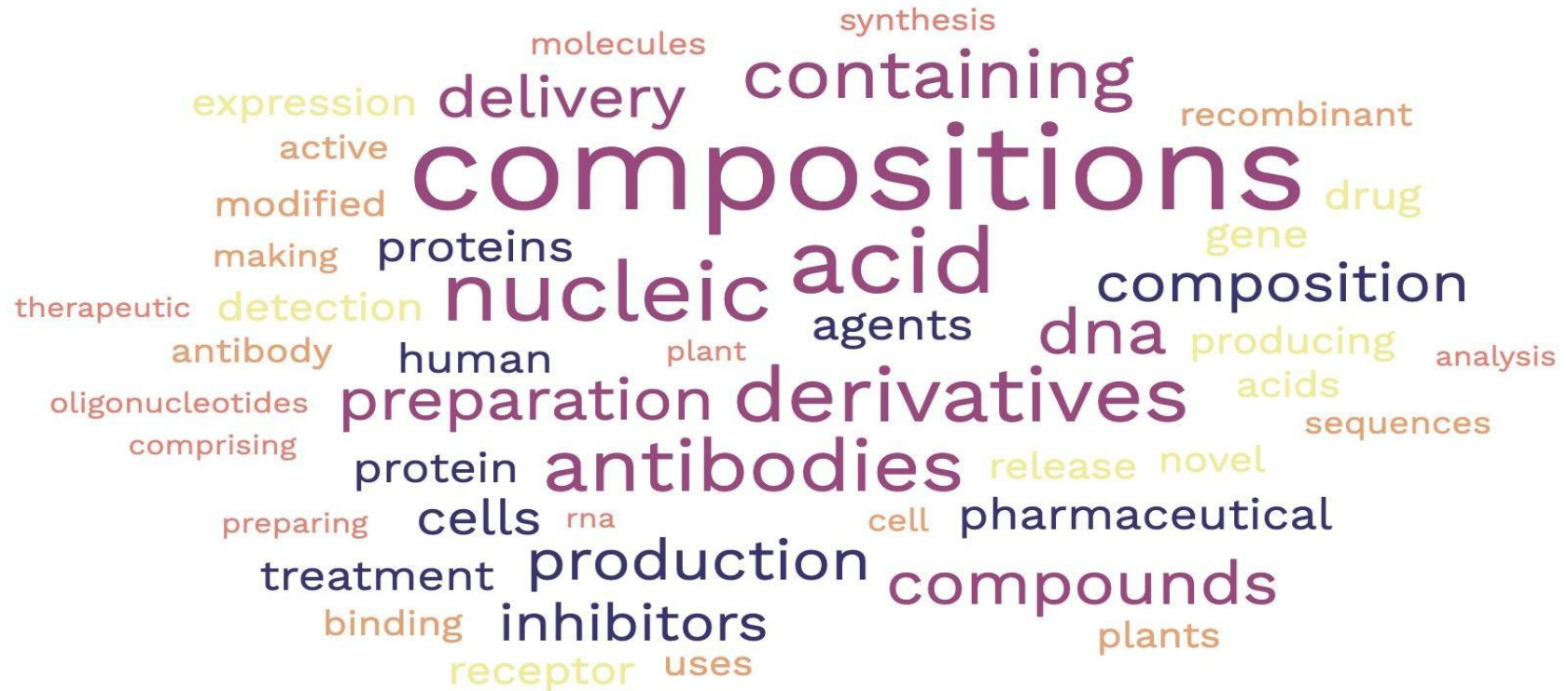
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 4



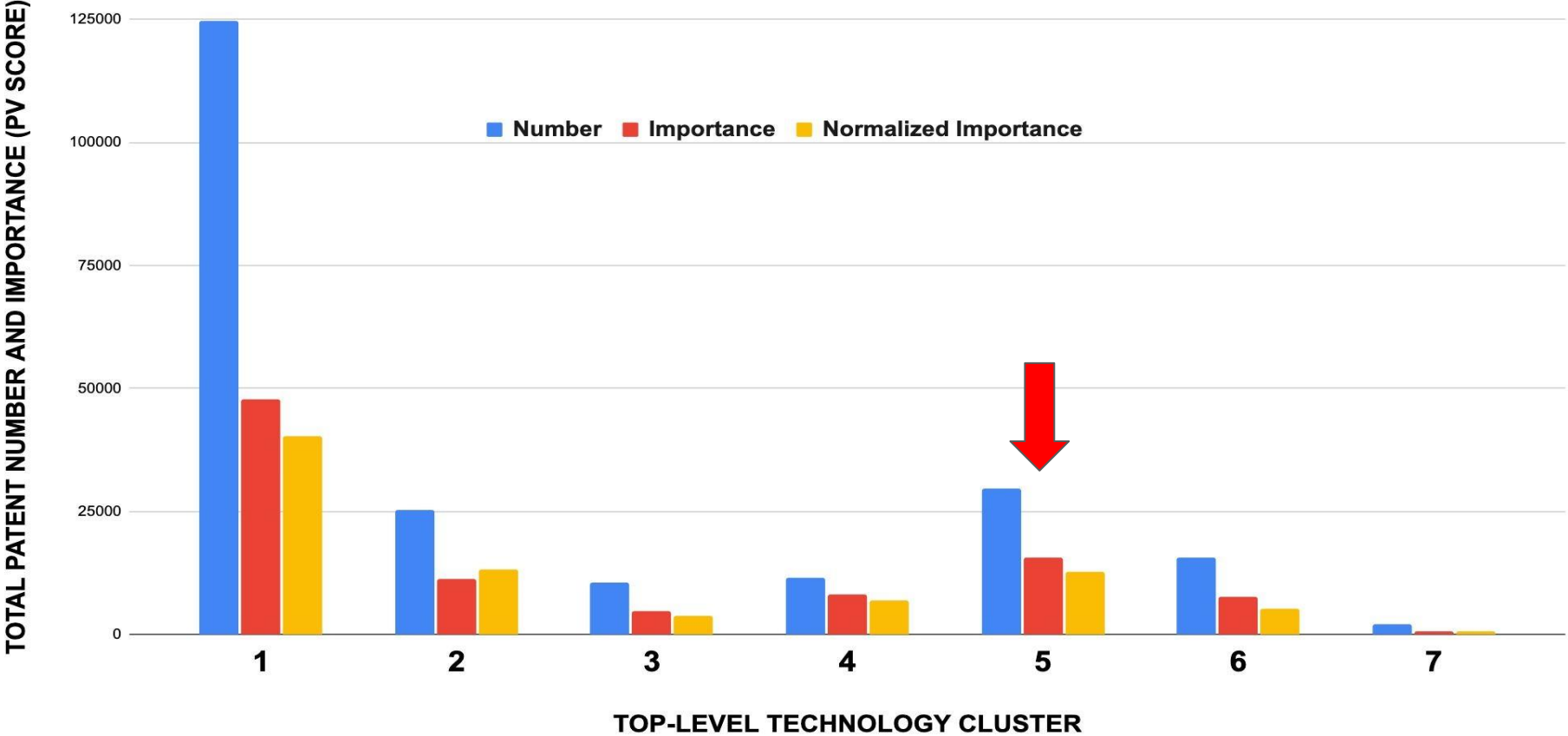
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



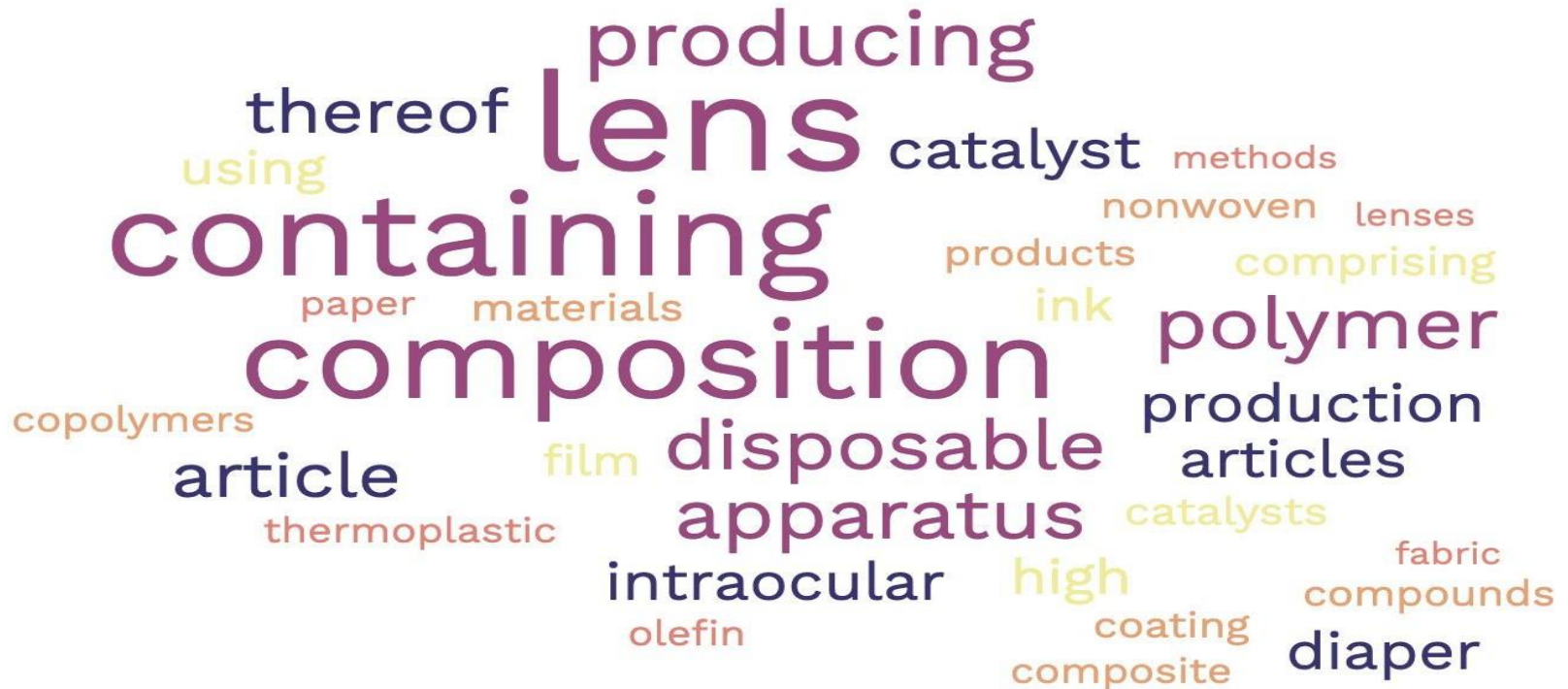
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 5



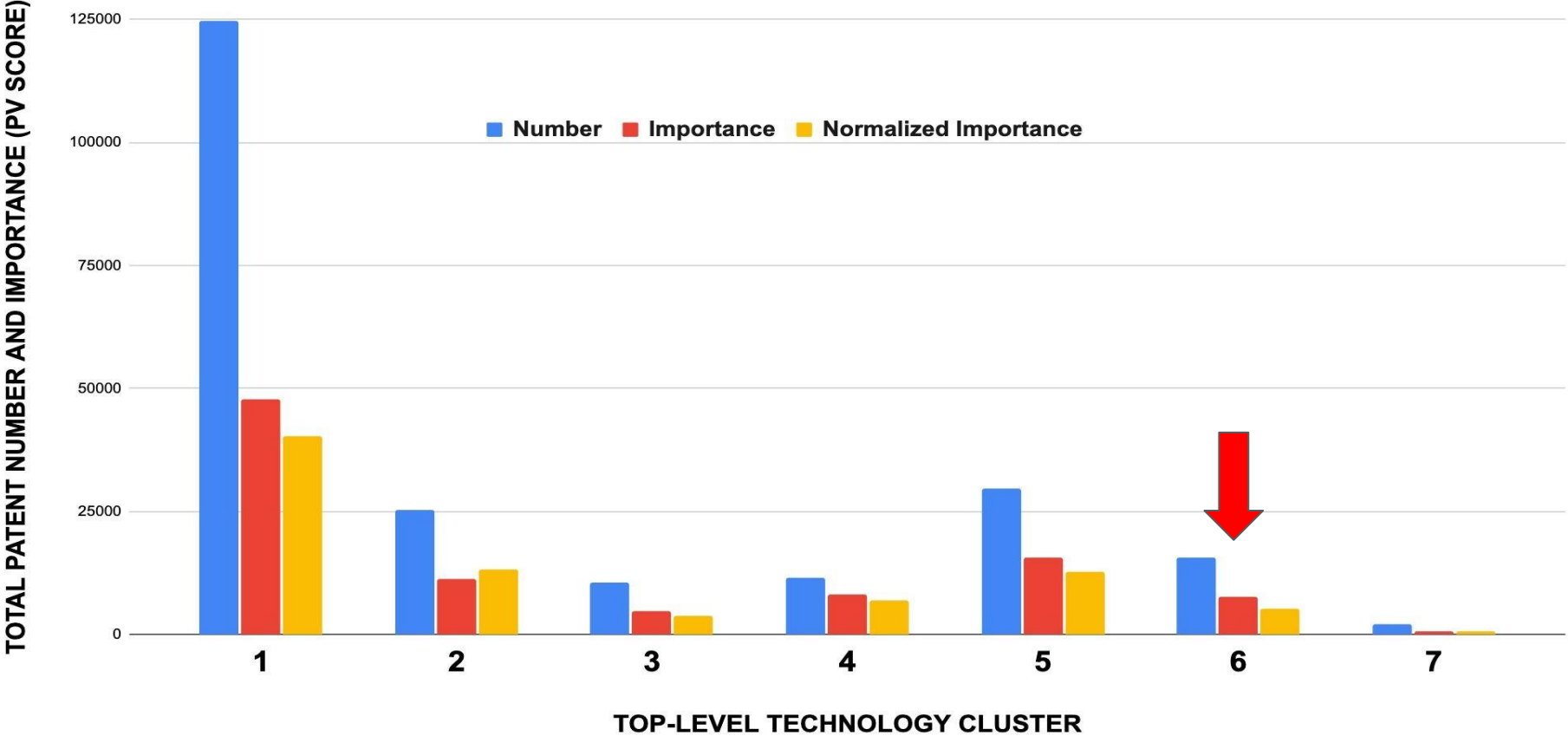
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



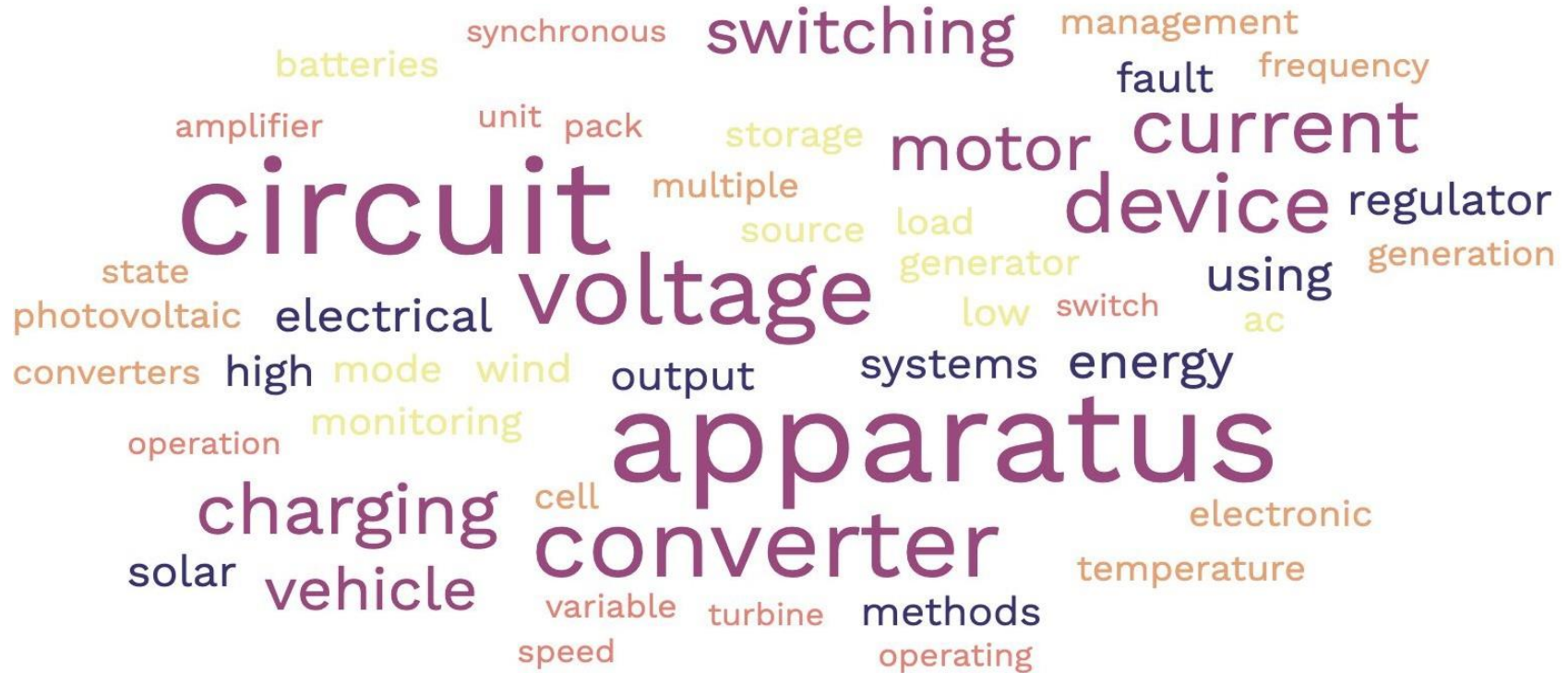
GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 6



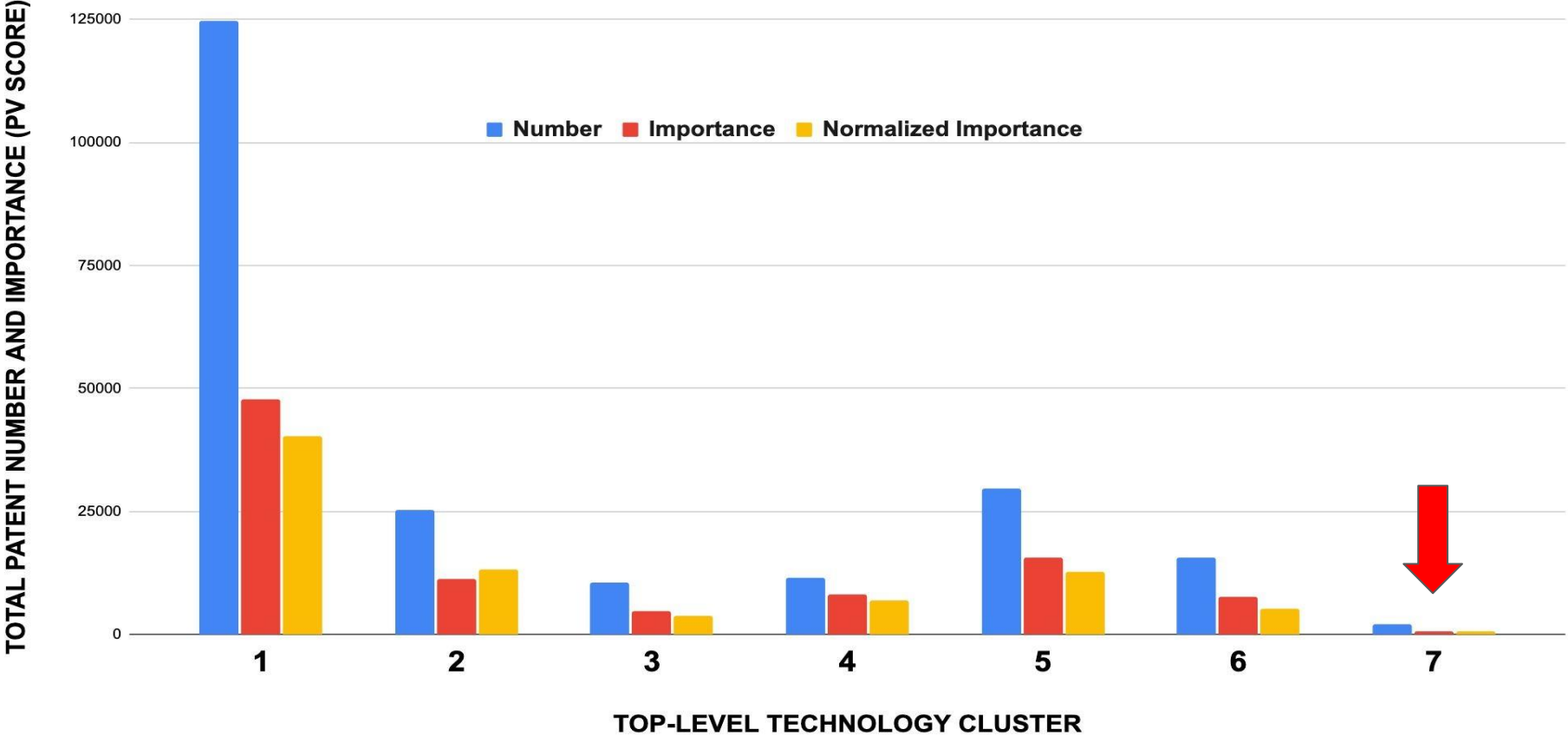
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



GROUPE DE NIVEAU SUPÉRIEUR 7



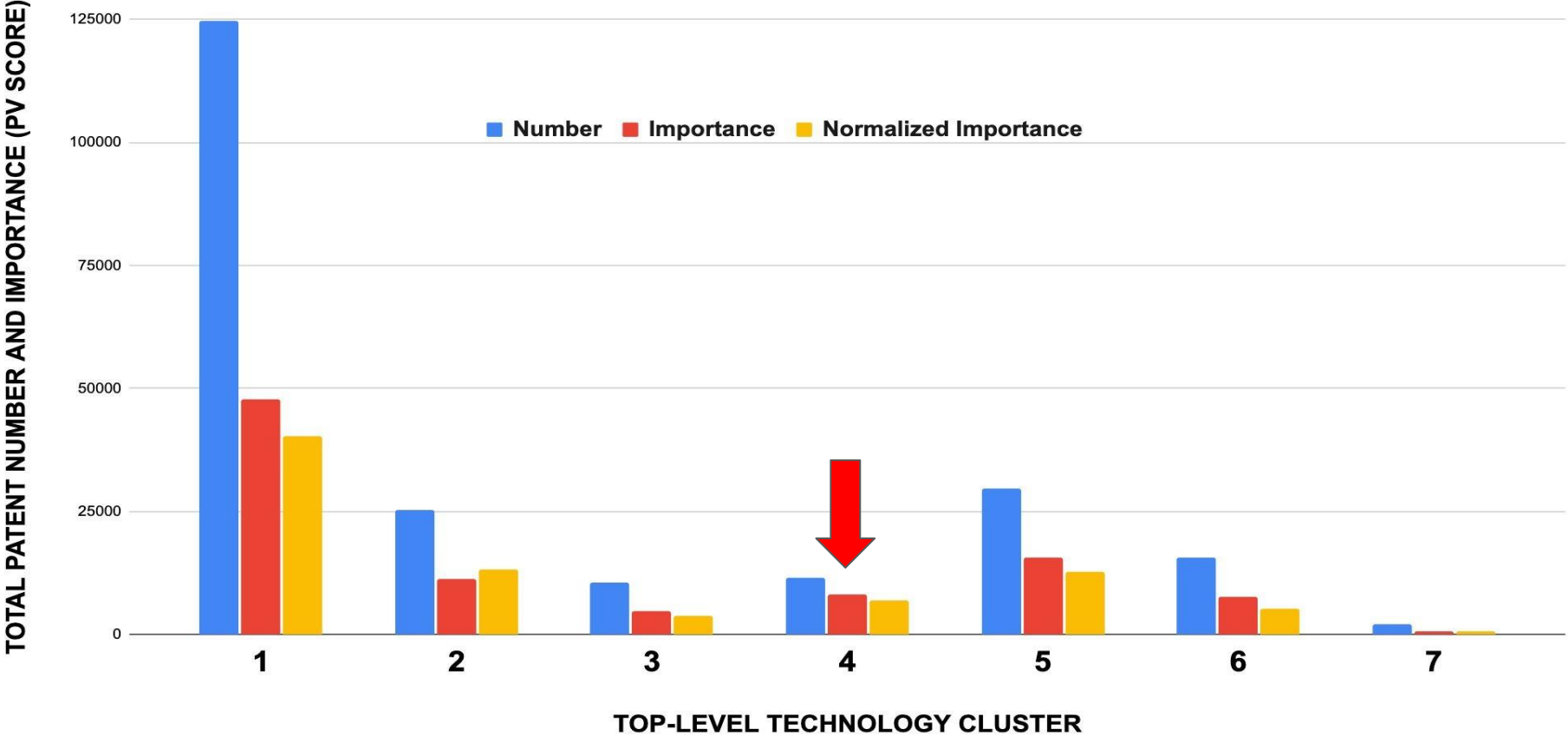
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



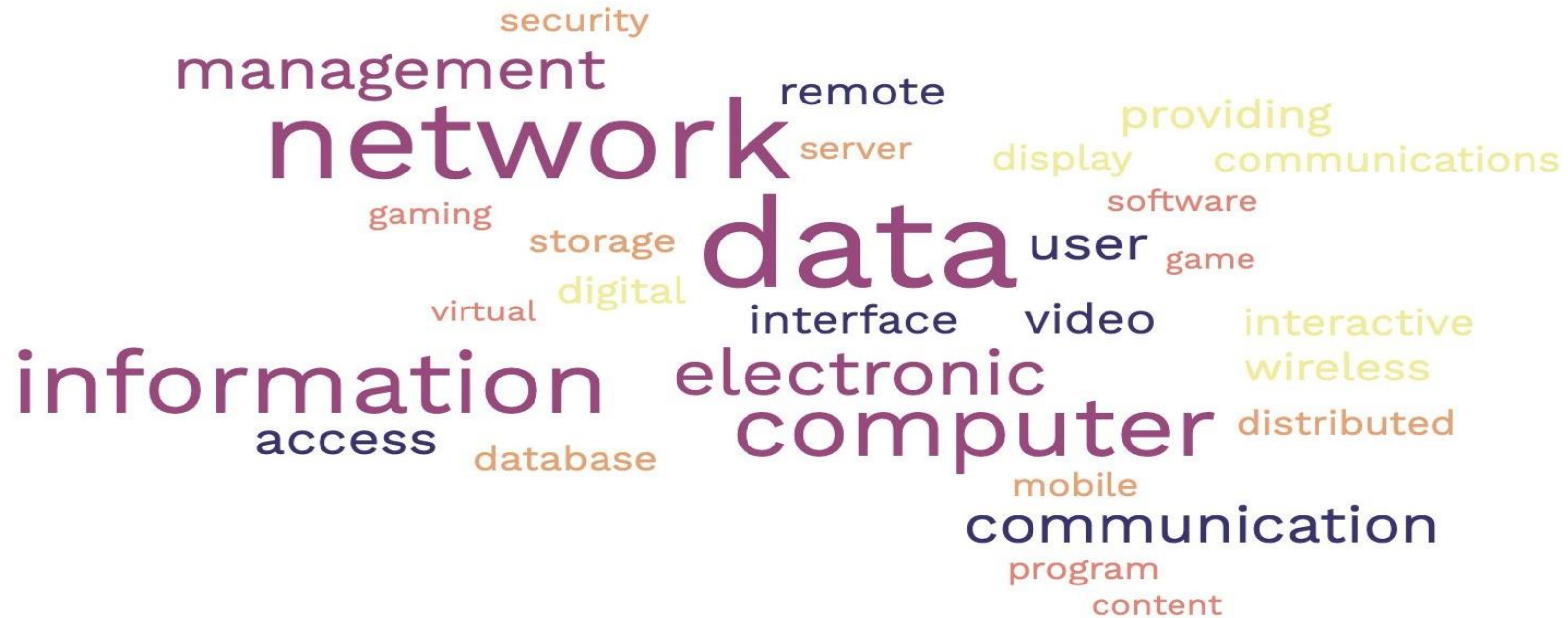
L'EXCELLENCE CANADIENNE

[illegible]

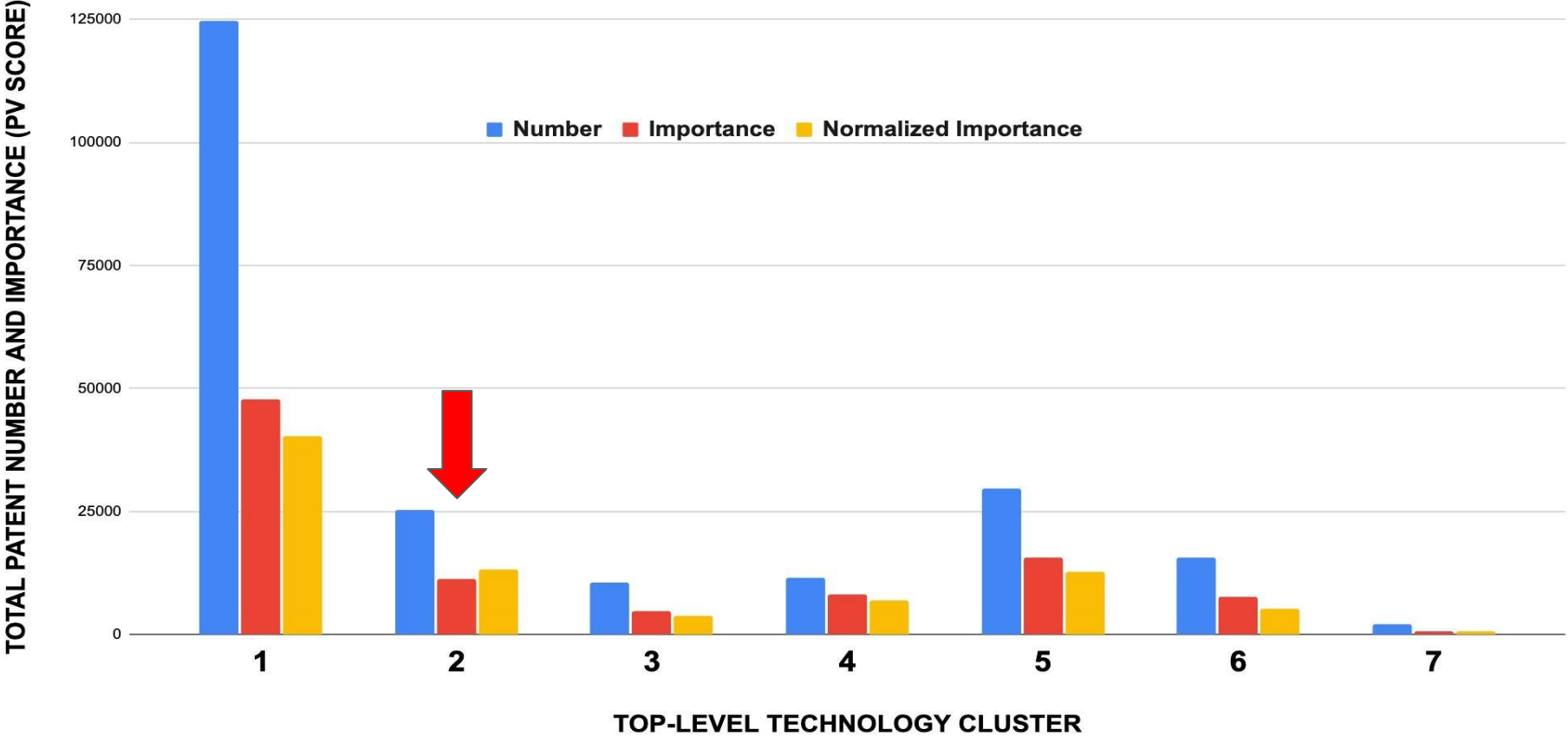
CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



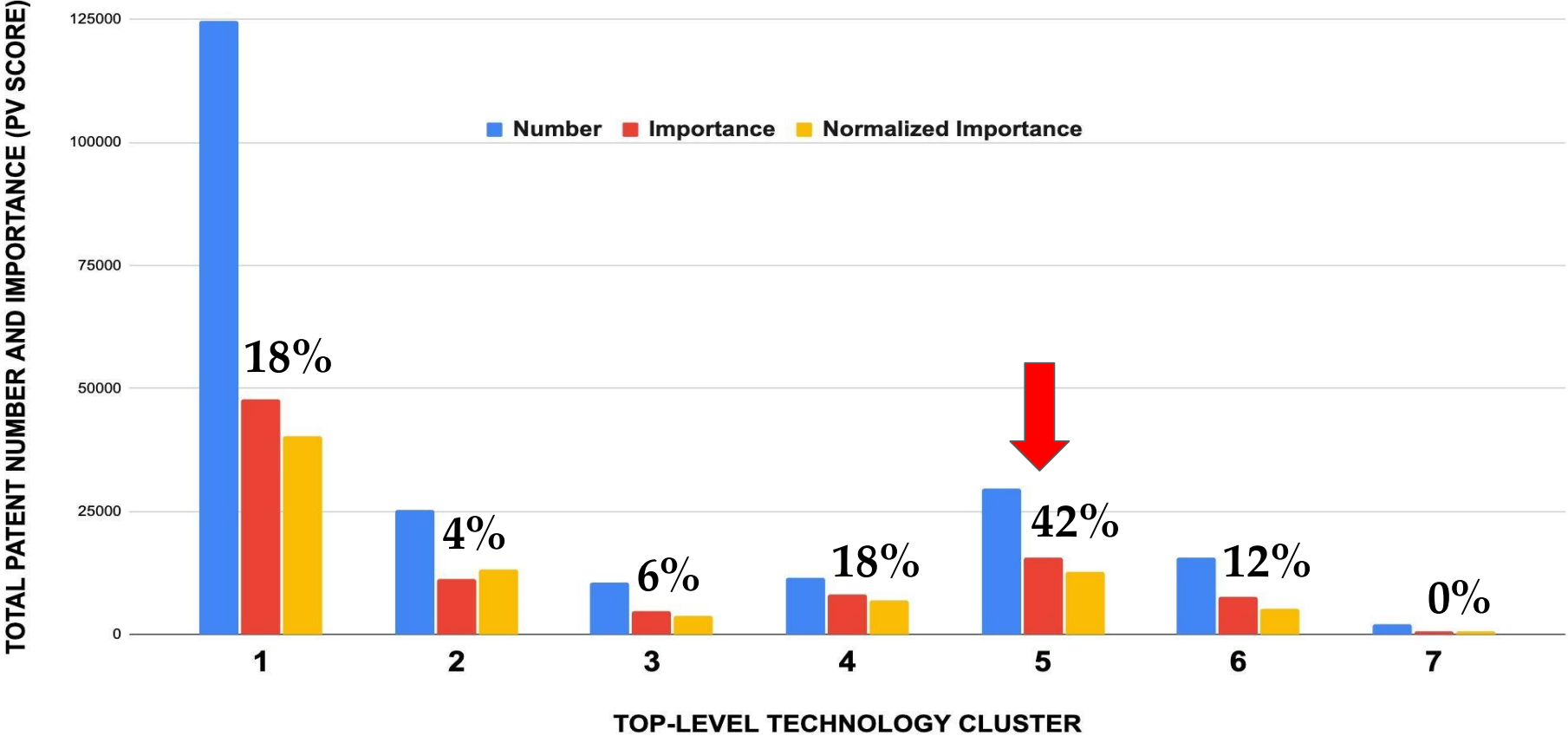
AMÉLIORATION CANADIENNE



CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



CANADIAN PATENTS BY TECHNOLOGY



ORIGINALITY IS A DOUBLE-EDGED SWORD (-1↔+1)

Article

Papers and patents are becoming less disruptive over time

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05543-x>

Received: 14 February 2022

Accepted: 8 November 2022

Published online: 4 January 2023

Check for updates

Michael Park¹, Erin Leahy² & Russell J. Funk^{1,2}

Theories of scientific and technological change view discovery and invention as endogenous processes^{1–3}, wherein previous accumulated knowledge enables future progress by allowing researchers to, in Newton's words, 'stand on the shoulders of giants'^{4,5}. Recent decades have witnessed exponential growth in the volume of new scientific and technological knowledge, thereby creating conditions that should be ripe for major advances^{6,7}. Yet contrary to this view, studies suggest that progress is slowing in several major fields^{8,9}. Here, we analyse these claims at scale across six datasets, using data on 45 million papers and 3.9 million patents from six large-scale datasets, together with a new quantitative metric—the CD Index¹⁰—that characterizes how papers and patents change networks of citations in science and technology. We find that papers and patents are increasingly less likely to break with the past in ways that push science and technology in new directions. This pattern holds universally across fields and is robust across multiple different citation- and text-based metrics^{11–17}. Subsequently, we link this decline in disruptiveness to a narrowing in the use of previous knowledge, allowing us to reconcile the patterns we observe with the 'shoulders of giants' view. We find that the observed declines are unlikely to be driven by changes in the quality of published science, citation practices or field-specific factors. Overall, our results suggest that slowing rates of disruption may reflect a fundamental shift in the nature of science and technology.

Although the past century witnessed an unprecedented expansion of scientific and technological knowledge, there are concerns that innovative activity is slowing^{8–10}. Studies document declining research productivity in semiconductors, pharmaceuticals and other fields^{18–20}. Papers, patents and even grant applications have become less novel relative to prior work and less likely to connect disparate areas of knowledge, both of which are precursors of innovation^{21,22}. The gap between the year of discovery and the awarding of a Nobel Prize has also increased^{23,24}, suggesting that today's contributions do not measure up to the past. These trends have attracted increasing attention from policymakers, as they pose substantial threats to economic growth, human health and wellbeing, and national security in the face of global efforts to combat grand challenges such as climate change^{25,26}.

Numerous explanations for this slowdown have been proposed. Some point to a dearth of 'low-hanging fruit' as the readily available productivity-enhancing innovations have already been made^{27,28}. Others emphasize the increasing burden of knowledge: scientists and inventors require ever more training to reach the frontiers of their fields, leaving less time to push those frontiers forward^{29,30}. Yet much remains unknown, not merely about the causes of slowing innovative activity, but also the depth and breadth of the phenomenon. The decline is difficult to reconcile with centuries of observation by philosophers of science, who characterize the growth of knowledge as an endogenous process, wherein previous knowledge enables future discovery, a view captured famously in Newton's observation that if he had been further, it was by 'standing on the shoulders of giants'⁴. Moreover, to date, the

evidence pointing to a slowdown is based on studies of particular fields, using disparate and domain-specific metrics^{31,32}, making it difficult to know whether the changes are happening at similar rates across areas of science and technology. Little is also known about whether the patterns seen in aggregate indicators mask differences in the degree to which individual works push the frontier.

We address these gaps by understanding by analysing 25 million papers (1945–2010) in the Web of Science (WoS) (Methods) and 3.9 million patents (1976–2010) in the United States Patent and Trademark Office's (USPTO) Patents View database (Methods). The WoS data include 99 million citations, 25 million paper titles and 13 million abstracts. The Patents View data include 15 million citations, 3.9 million patent titles and 3.9 million abstracts. Subsequently, we replicate our core findings on four additional datasets—JSTOR, the American Physical Society corpus, Microsoft Academic Graph and PubMed—encompassing 20 million papers. Using these data, we join a new citation-based measure¹⁰ with textual analyses of titles and abstracts to understand whether papers and patents grow new directions over time and across fields.

Measurement of disruptiveness

To characterize the nature of innovation, we draw on foundational theories of scientific and technological change^{33–35}, which distinguish between two types of breakthroughs. First, some contributions improve existing streams of knowledge, and therefore consolidate the status

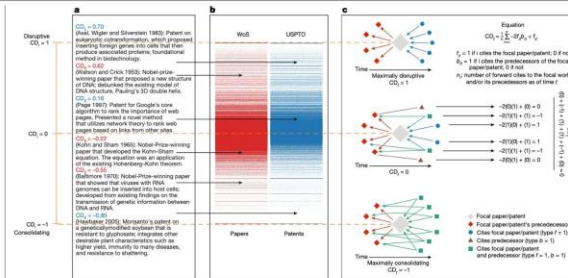


Fig. 1 | Overview of the measurement approach. This figure shows a schematic visualization of the CD Index. **a**, CD index value of three Nobel Prize-winning papers^{36–38} and three notable patents^{39–41} in our sample, measured as of five years post-publication (indicated by CD5). **b**, Distribution of CD, for papers from WoS ($n = 24,659,076$) between 1945 and 2010 and patents from Patents View ($n = 3,912,353$) between 1976 and 2010, where a single dot represents a paper or patent. The vertical axis represents the number of papers or patents at each value of the CD Index (with axis values shown in orange on the left). **c**, Three hypothetical citation networks, where the CD Index is at the maximum disruptive value (CD = -1), midpoint value (CD = 0), and maximally consolidative value (CD = +1). The general formula for the CD Index and an illustrative calculation.

quo. Kohn and Sham (1965)⁴², a Nobel-winning paper used established theories to develop a method for calculating the structure of electrons, which cemented the value of previous research. Second, some contributions disrupt existing knowledge, rendering it obsolete, and propelling science and technology in new directions. Watson and Crick (1953)⁴³, also a Nobel winner, introduced a model of the structure of DNA that superseded previous approaches (for example, Pauling's triple helix). Kohn and Sham and Watson and Crick were both important, but their implications for scientific and technological change were different.

We quantify this distinction using a measure—the CD Index¹⁰—that characterizes the consolidating or disruptive nature of science and technology (Fig. 1). The intuition is that if a paper or patent is disruptive, the subsequent work that cites it is less likely to also cite its predecessors; for future researchers, the ideas that went into its production are less relevant (for example, Pauling's triple helix). If a paper or patent is consolidating, subsequent work that cites it is also more likely to cite its predecessors; for future researchers, the knowledge upon which the work builds is still (and perhaps more) relevant (for example, the theorems Kohn and Sham used). The CD index ranges from -1 (consolidating) to +1 (disruptive). We measure the CD Index five years after the year of each paper's publication (indicated by CD₅; see Extended Data Fig. 1 for the distribution of CD, among papers and patents and Extended Data Fig. 2 for analyses using alternative windows⁴⁴). For example, Watson and Crick and Kohn and Sham both received over a hundred citations within five years of being published. However, the Kohn and Sham paper has a CD₅ of -0.22 (indicating consolidation), whereas the Watson and Crick paper has a CD₅ of 0.62 (indicating disruption). The CD index has been validated extensively in previous research, including through correlation with expert assessments^{10,34}.

The horizontal (left–right) dimension of each strip helps to minimize overlapping points. Darker areas on each strip indicate denser regions of the distribution than the less, more commonly observed CD values. Additional details on the distribution of the CD Index are given in Extended Data Fig. 1. **c**, Three hypothetical citation networks, where the CD Index is at the maximum disruptive value (CD = -1), midpoint value (CD = 0), and maximally consolidative value (CD = +1). The general formula for the CD Index and an illustrative calculation.

Declining disruptiveness

Across fields, we find that science and technology are becoming! disruptive. Figure 2 plots the average CD, over time for papers (Fig. 2a) and patents (Fig. 2b). For papers, the decrease between 1945 and 2010 ranges from 9.9% (where the average CD, dropped from 0.52 to 0.04 in 2010) for 'social sciences' to 100% (where the average decreased from 0.36 in 1945 to 0 in 2010 for 'physical sciences'); for patents, the decrease between 1976 and 2010 ranges from 78.7% (where average CD, decreased from 0.30 in 1980 to 0.06 in 2010 for 'computers and communications') to 91.5% (where the average CD, decreased from 0.38 in 1980 to 0.03 in 2010 for 'drugs and medical'). For both papers and patents, the rates of decline are greatest in the earlier parts of the time series, and for papers, they appear to begin stabilizing between the years 2000 and 2005. For papers, since about 1980, the rate decline has been more modest in 'life sciences and biomedicine', 'physical sciences', and most marked and persistent in 'social science and technology'. Overall, however, relative to earlier eras, recent papers and patents do less to push science and technology in new directions. The general similarity in trends we observe across fields is noteworthy in light of 'low-hanging fruit' theories^{29,30}, which would probably pre-empt heterogeneity in the decline, as it seems unlikely fields we 'consume' their low-hanging fruit at similar rates or times.

Linguistic change

The decline in disruptive science and technology is also observed using alternative indicators. Because they create departures from the status quo, disruptive papers and patents are likely to introduce new words (for example, words used to create a new paradigm) that differ from those that are used to develop an existing paradigm)

Article

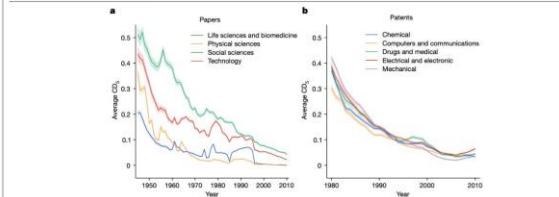


Fig. 2 | Decline of disruptive science and technology. **a**, Decline in CD, over time, separately for papers (a, $n = 24,659,076$) and patents (b, $n = 3,912,353$). For papers, lines correspond to WoS research areas; from 1945 to 2010 the magnitude of decline ranges from 91.5% (social sciences) to 100% (physical sciences). For patents, lines correspond to National Bureau of Economic Research (NBER) technology categories; from 1980 to 2010 the magnitude

of decline ranges from 93.5% (computers and communications) to 96.4% (drugs and medical). Shaded bands correspond to 95% confidence intervals. As we elaborate in the Methods, this pattern of decline is robust to adjustment for confounding from changes in publication, citation and authorship practices over time.

Therefore, if disruptiveness is declining, we would expect a decline in the diversity of words used in science and technology. To evaluate this, Fig. 3a documents the type-token ratio (that is, unique/total words of paper and patent titles over time Supplementary Information section 1). We observe substantial declines, especially in the earlier periods, before 1970 for papers and 1990 for patents. For paper titles (Fig. 3a), the decrease (1945–2010) ranges from 76.5% (social sciences) to 88.8% (communications); for patent titles (Fig. 3b), the decrease (1980–2010) ranges from 32.5% (chemical) to 81% (computers and communications). For paper abstracts (Extended Data Fig. 3a), the decrease (1992–2010) ranges from 23.1% (life sciences and biomedicine) to 38.9% (social sciences); for patent abstracts (Extended Data Fig. 3b), the decrease (1980–2010) ranges from 21.5% (mechanical) to 73.2% (computers and communications). In Fig. 3b, we demonstrate that these declines in word diversity are accompanied by similar declines in combinatorial novelty; over time, the particular words that scientists and inventors use in the titles of their papers and patents are increasingly likely to have been used together in the titles of previous work. Consistent with these trends in language, we also observe declining novelty in the combinations of previous work cited by papers and patents, based on a previously established measure of 'typical combinations'⁴⁵ (Extended Data Fig. 4).

The decline in disruptive activity is also apparent in the specific words used by scientists and inventors. If disruptiveness is declining, we reasoned that verbs alluding to the creation, discovery or perception of new things should be used less frequently over time, whereas verbs alluding to the improvement, application or assessment of existing things may be used more often^{46–48}. Figure 3 shows the most common verbs in paper (Fig. 3c) and patent titles (Fig. 3f) in the first and last decade of each sample (Supplementary Information section 2). Although precisely and quantitatively characterizing words as 'consolidating' or 'disruptive' is challenging in the absence of context, the figure highlights a clear and qualitative shift in language. In the earlier decades, verbs evoking creation (for example, 'produce', 'form', 'prepare' and 'make'), discovery (for example, 'determine' and 'report') and perception (for example, 'measure') are prevalent in both paper and patent titles. In the later decades, however, these verbs are almost completely displaced by those tending to be more evocative of the improvement (for example, 'improve', 'enhance' and 'increase'), application (for example, 'use' and 'include') or assessment (for example,

'associate', 'mediate' and 'relate') of existing scientific and technological information and artefacts. Taken together, these patterns suggest a substantive shift in science and technology over time, with discovery and invention becoming less disruptive in nature, consistent with our results using the CD Index.

Conservation of highly disruptive work

The aggregate trends we document mask considerable heterogeneity in the disruptiveness of individual papers and patents and remarkable stability in the absolute number of highly disruptive works (Methods and Fig. 4). Specifically, despite large increases in scientific productivity, the number of papers and patents with CD values in the far right tail of the distribution remains nearly constant over time. This conservation of the absolute number of highly disruptive papers and patents holds despite considerable churn in the underlying fields responsible for producing those works (Extended Data Fig. 5, inset). These results suggest that the persistence of major breakthroughs—for example, measurement of gravity waves and COVID-19 vaccines—is not inconsistent with slowing innovative activity. In short, declining aggregate disruptiveness does not preclude individual highly disruptive works.

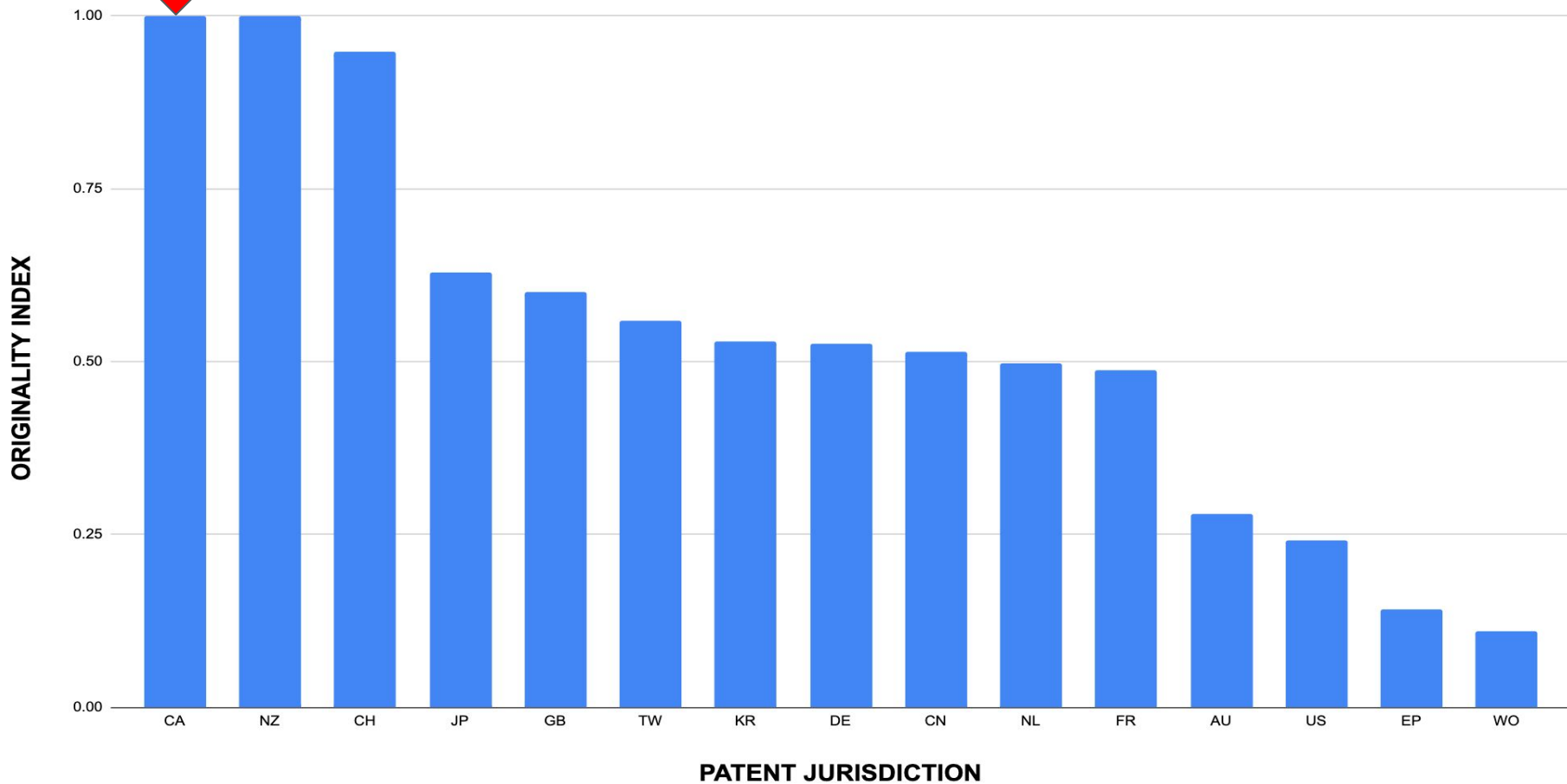
Alternative explanations

What is driving the decline in disruptiveness? Earlier, we suggested our results are not consistent with explanations that link slowing innovative activity to diminishing 'low-hanging fruit'. Extended Data Fig. 5 shows that the decline in disruptiveness is unlikely to be due to other field-specific factors by decomposing variation in CD, attributable to field, author and year effects (Methods). The declining rates of disruptive activity are unlikely to be caused by the diminishing quality of science and technology^{2,5}. If they were, then the patterns seen in Fig. 2 should be less visible in high-quality work. However, when we restrict our sample to articles published in premier publication venues such as *Nature*, *Proceedings of the National Academy of Sciences* and *Science* or to Nobel-winning discoveries⁴⁹ (Fig. 5), the downward trend persists.

Furthermore, the trend is not driven by characteristics of the WoS and USPTO data or our particular derivation of the CD Index; we observe similar declines in disruptiveness when we compute CD, on papers

¹Carlson School of Management, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA; ²School of Science, University of Arizona, Tucson, AZ, USA; ³Umeå, Sweden; ⁴Umeå, Sweden

INVENTION ORIGINALITY BY JURISDICTION



CONCLUSIONS

- Principales observations
 - Les données sur les brevets augmentent régulièrement et rapidement
 - Des changements intéressants se sont produits à différentes profondeurs du réseau
 - La circulation de l'information (déduite des citations) entre les pays évolue rapidement
 - Le Canada est l'un des principaux producteurs de brevets, tant en volume qu'en importance
 - Les plus grands portefeuilles de brevets canadiens sont en grande partie détenus par des entreprises non canadiennes
 - Le Canada excelle généralement dans le domaine des dispositifs médicaux et s'améliore rapidement dans celui des logiciels et des télécommunications
 - Le Canada est particulièrement fort (parfois même dominant) dans des domaines technologiques particuliers, notamment la biopharmacie
 - Surprise : les inventions canadiennes sont très originales!
- La science des réseaux est une méthode puissante pour comprendre les systèmes de brevets mondiaux et canadiens
- Les questions et les commentaires sont les bienvenus

Base de données sur les marques de commerce canadiennes (BDMCC)

Rashid Nikzad, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada

Mohamed Ouardi, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada

Francis Demers, Statistique Canada

Daouda Sylla, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada

6^e conférence annuelle sur la recherche et les données de PI

Ottawa, 31 mai 2023

* Avertissement – Les opinions présentées dans cette étude n’engagent que les auteurs et ne représentent pas celles du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, de Statistique Canada et/ou du gouvernement du Canada.

Contexte

- Lier les données sur les marques de commerce aux données sur les microentreprises de Statistique Canada afin de mieux mesurer les activités d'innovation.
- Cette base de données complétera la base de données sur les brevets et d'autres indicateurs de rendement à l'échelle de l'entreprise
- Le projet est mené dans le cadre du partenariat entre le Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada (SCT) et Statistique Canada pour évaluer les répercussions du programme Soutien de la croissance et de l'innovation en entreprise (SCIE).

Qu'est-ce qu'une marque de commerce?

- Une marque de commerce est un signe ou une combinaison de signes qu'une personne utilise ou a l'intention d'utiliser pour distinguer ses produits ou ses services de ceux des autres.
- Les marques de commerce sont les droits de propriété intellectuelle les plus utilisés par les entreprises dans tous les secteurs économiques (OMPI, 2013).
- Une marque de commerce peut être enregistrée ou non.
- Récemment, les marques de commerce ont attiré l'attention pour mesurer l'innovation. Elles peuvent être utilisées dans les contextes suivants :
 - Mesure directe de l'innovation ou du rendement de l'entreprise
 - Mesure indirecte de l'innovation ou du rendement de l'entreprise
 - Complément aux dépenses de recherche et développement (R et D) et aux statistiques sur les brevets en tant que mesures les plus courantes de l'innovation

Lien entre les marques de commerce, l'Environnement de fichiers couplables entreprises (EFCE) et le programme SCIE

- TM-Link est un ensemble de données internationales dans lequel des marques de commerce semblables de différents pays sont répertoriées.
 - Cinq administrations, soit l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Canada, l'Union européenne et les États-Unis
 - Demandes d'enregistrement de marques de commerce canadiennes déterminées dans le monde entier
 - Les données de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC) ont été utilisées pour compléter les données relatives aux demandeurs canadiens au Canada.
- L'Environnement de fichiers couplables entreprises (EFCE) est un environnement dans lequel les microdonnées sur les entreprises de Statistique Canada sont reliées entre elles à partir de différentes sources administratives et d'enquête.
 - L'EFCE comprend des données à l'échelle de l'entreprise, comme les dépenses en matière de R et D et les indicateurs de rendement.
- La base de données du programme Soutien de la croissance et de l'innovation en entreprise (SCIE) couvre toutes les activités du gouvernement fédéral qui soutiennent l'innovation et la croissance des entreprises depuis 2007.

Méthodologie

- Les demandeurs de TM-Link entre 1998 et 2019 ayant au moins une adresse canadienne dans cinq juridictions ont été liés à l'EFCE.
- Correspondance probabiliste entre les demandeurs de TM-Link et les entreprises du registre des entreprises (RE) sur la base d'un nom d'entreprise, d'une adresse, d'une province, d'un pays et d'un code postal communs.
 - Taux de correspondance : 89,5 %
- Certaines raisons peuvent expliquer la non-concordance :
 - Des informations manquantes ou de mauvaise qualité sur un enregistrement particulier
 - Les délais entre l'enregistrement de l'entreprise et la création du numéro d'entreprise dans le RE
- Compte tenu du taux élevé de concordance, les répercussions de la non-concordance sur les résultats sont négligeables.

Méthodologie

- Lien entre les demandeurs jumelés TM-Link – RE et l'EFCE
 - Registre des entreprises (classification de secteurs d'activités, province d'activité, pays de contrôle, âge de l'entreprise et type d'organisation)
 - Index général des informations financières et relevé de compte pour les retenues à la source courantes.
 - Formulaire T661 sur les dépenses de recherche scientifique et de développement expérimental (RS et DE) et l'aide du programme Soutien de la croissance et de l'innovation en entreprise (SCIE).
 - Nous avons dressé un profil des demandeurs de marques de commerce soutenus par le gouvernement fédéral sous la forme de crédits d'impôt pour la R et D ou d'aides directes à l'innovation.

Demandeurs par année et office en matière de PI (arrondis aux 5 plus près)

- Le taux de concordance est d'environ 90 %, constant pour toutes les années et tous les offices de propriété intellectuelle.
- Entre 30 000 et 40 000 demandeurs uniques (entreprises) par an

Année de la demande	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total	31 995	36 215	39 260	32 305	30 960	31 710	31 460	33 180	34 680	35 535	33 900
Taux d'appariement	88,8 %	88,6 %	88,6 %	88,8 %	89,9 %	89,0 %	89,9 %	89,6 %	90,3 %	89,9 %	90,2 %

Année de la demande	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total	30 835	33 095	34 300	34 565	33 950	33 560	35 255	36 270	38 930	40 565	34 710
Taux d'appariement	90,0 %	89,6 %	89,2 %	89,3 %	89,2 %	89,9 %	90,3 %	89,8 %	89,8 %	89,5 %	88,8 %

- La plupart des entreprises canadiennes déposent des marques de commerce au Canada et aux États-Unis

Office de la propriété intellectuelle	Total	Taux d'appariement
Australie	8 150	91,18 %
Canada	545 745	90,74 %
Union européenne	17 055	96,01 %
Nouvelle-Zélande	2 225	94,47 %
États-Unis	184 055	85,08 %

Demandeurs par taille de l'effectif et des revenus (arrondis aux 5 plus près)

- Les tableaux suivants sont agrégés pour 2007 à 2019
- La plupart des demandeurs ont moins de 100 employés ou le nombre d'employés n'est pas connu, et ont un chiffre d'affaires inférieur à 10 000 000 \$ ou le chiffre d'affaires n'est pas connu.
- Notez que ces chiffres correspondent à des demandeurs uniques (entreprises), quel que soit le nombre de demandes.

Taille de l'effectif	Compte	Pourcentage
0 à 99	92 845	54,70 %
100 à 249	3 845	2,27 %
250 à 499	1 515	0,89 %
500 et plus	2 040	1,20 %
Non classifié	69 485	40,94 %
Total	169 735	100,00 %

Taille des revenus	Compte	Pourcentage
Moins de 0 \$	1 055	0,62 %
De 0 \$ à 99 999 \$	30 165	17,77 %
100 000 \$ à 999 999 \$	37 425	22,05 %
1 000 000 \$ à 9 999 999 \$	29 905	17,62 %
10 000 000 \$ et plus	12 895	7,60 %
Non classifié	58 290	34,34 %
Total	169 735	100,00 %

Demandeurs par province, R et D, exportations (arrondis aux 5 plus près)

- La plupart des demandeurs viennent de l'Ontario, suivi du Québec, de la Colombie-Britannique et de l'Alberta.

Province (unique)	Compte	Pourcentage
Ont.	51 810	43,31 %
Qc	24 340	20,35 %
Alb.	12 115	10,13 %
C.-B.	21 960	18,36 %
Man., Sask.	4 695	3,92 %
N.-B., T.-N.-L., N.-É., Î.-P.-É.	4 135	3,46 %
T.N.-O., Nt, Yn	100	0,08 %
Non classifié	470	0,39 %
Total	119 625	100,00 %

- BIGS, recherche scientifique et développement expérimental (RS et DE), R et D et exportateur :

Total (entreprise unique)	Dans le SCIE	En RS et DE	À la fois dans le SCIE et la RS et DE	Exécutant en matière de R et D	Exportateur
119 630	17 440	16 660	8 490	15 580	20 610
Pourcentage du total	14,58 %	13,93 %	7,10 %	13,02 %	17,23 %

La plupart des demandeurs travaillent dans le secteur des services, en particulier 54 (arrondis aux 5 plus près)

Industrie	SCIAN	Compte	Pourcentage
Agriculture, foresterie, chasse et pêche	11	1 850	1,5 %
Extraction minière, exploitation en carrière et extraction de pétrole et de gaz	21	350	0,3 %
Services publics	22	120	0,1 %
Construction	23	3 960	3,3 %
Fabrication	31-33	9 375	7,8 %
Commerce de gros	41	9 610	8,0 %
Commerce de détail	44-45	11 285	9,4 %
Transport et entreposage	48-49	2 245	1,9 %
Secteurs de l'information et de la culture	51	3 425	2,9 %
Finances et assurances	52	3 440	2,9 %
Services immobiliers et services de location et de location à bail	53	9 140	7,6 %
Services professionnels, scientifiques et techniques	54	21 315	17,8 %
Gestion des sociétés et d'entreprises	55	2 605	2,2 %
Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	56	5 310	4,4 %
Services d'enseignement	61	2 655	2,2 %
Soins de santé et assistance sociale	62	4 145	3,5 %
Arts, spectacles et loisirs	71	4 125	3,4 %
Hébergement et services de restauration	72	4 010	3,4 %
Autres services (sauf l'administration publique)	81	7 950	6,6 %
Administration publique	91	670	0,6 %
Non classifié		12 040	10,1 %
Total		119 625	100,0 %

Sommaire des résultats

- La Base de données sur les marques de commerce canadiennes (BDMCC) complète d'autres bases de données d'indicateurs d'innovation comme la base de données sur les brevets, etc.
- Elle couvre la période de 1998 à 2019
- Le taux de concordance est d'environ 90 %, constant pour toutes les années et tous les offices de propriété intellectuelle.
- Comme on pouvait s'y attendre, la plupart des entreprises canadiennes déposent des marques de commerce au Canada, suivies par les États-Unis
- La plupart des demandeurs ont moins de 100 employés (54,7 %) et moins de 10 000 000 \$ de revenus annuels (58,1 %).
 - 40,9 % n'ont pas de classification de l'effectif et 34,3 % n'ont pas de classification de revenus.
- La plupart des demandeurs sont originaires de l'Ontario (43,3 %), suivi du Québec (20,4 %), de la Colombie-Britannique (18,4 %) et de l'Alberta (10,1 %).
- La plupart des demandeurs appartiennent au secteur des services (contrairement aux demandeurs de brevets qui appartiennent au secteur manufacturier).

Prochaines étapes

- La Base de données sur les marques de commerce canadiennes (BDMCC) peut être utilisée pour répondre à diverses questions de recherche
- Le projet pourra être étendu ultérieurement aux données sur les dessins et modèles industriels (les données sur les brevets sont déjà liées).
- Voici quelques-unes des questions posées :
 - Comment les marques de commerce complètent-elles l'innovation et le rendement de l'entreprise?
 - Les marques de commerce peuvent-elles mesurer les innovations qui ne peuvent être appréhendées par d'autres indicateurs comme les brevets et les dépenses en matière de R et D?
 - Comment les marques de commerce peuvent-elles aider les entreprises à obtenir des ressources financières?
 - Comment les marques de commerce peuvent-elles aider les entreprises à améliorer leur rendement sur le marché?
 - Que révèle le moment du dépôt de la marque de commerce sur le procédé d'innovation?
 - Le regroupement des marques de commerce avec d'autres droits en matière de propriété intellectuelle est-il un indicateur d'intensification?



Innovation, Sciences et
Développement économique Canada
Office de la propriété intellectuelle du Canada

Innovation, Science and
Economic Development Canada
Canadian Intellectual Property Office

Centre for International
Governance Innovation

Cette présentation n'est pas disponible en français en raison de problèmes de formatage.

Nous nous excusons pour ce désagrément.

This presentation is not available in French due to formatting issues.

We apologize for this inconvenience.

