



HAL
open science

Les diagrammes animaliers éléments pour une iconographie didactique de l'informatique

Emmanuel Saint-James

► **To cite this version:**

Emmanuel Saint-James. Les diagrammes animaliers éléments pour une iconographie didactique de l'informatique. Arts et sciences , 2021, 3, 10.21494/ISTE.OP.2021.0680 . hal-03476451

HAL Id: hal-03476451

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03476451v1>

Submitted on 12 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les diagrammes animaliers

éléments pour une iconographie didactique de l'informatique

Emmanuel Saint-James *
Maître de conférences à la Sorbonne
Laboratoire d'Informatique de Paris 6
Ancien chargé de cours à l'école Estienne
Docteur d'État en informatique

25 novembre 2021

Résumé L'absence de réflexions sur l'iconographie utilisée pour enseigner l'informatique est une des raisons pour lesquelles son statut ontologique fait polémique. Cet article explique pourquoi et comment des diagrammes animés évoquant des animaux invertébrés permet d'enseigner en particulier les architectures client/serveur et l'administration d'Unix, en étant en phase avec les méthodes actuelles de transmission des connaissances et en véhiculant une représentation de ce qu'est un système informatique moins faussée que la métaphore anthropologiquement inacceptable du cerveau électronique. Ces diagrammes ont été mis au point au cours d'expériences pédagogiques de plusieurs années face à des étudiants en sciences ou en graphisme. Ils sont fondés sur des remarques déjà anciennes sur ce qu'est le langage de la science et la nécessité de la recherche en didactique des disciplines.

Mots-clé : anthropologie, épistémologie, graphisme, informatique.

Summary The lack of reflection on iconography used in order to teach computer science is one of the reasons why its ontological status is continuously disputed. This article explains how and why animated diagrams of invertebrate animals help to teach mainly client/server systems and Unix system administration. While being in tune with the current methods of knowledge transmission, these diagrams represent a less distorted computer system than the unacceptable anthropological metaphor of a "computer brain". These diagrams have been developed over the course of many years of experience teaching students in the areas of science and graphism. They are based on established dogma in science language and the necessity of research in subject didactical models.

Key-words : anthropology, epistemology, graphic design, computer science

1 Introduction

Un système informatique est un paradoxe : ce n'est pas un être humain ni même un être vivant, mais il est le dépositaire le plus fiable et l'exécutant le plus performant de ce que d'innombrables vies humaines ont produit dans le domaine de la connaissance rationnelle. De l'absence d'un *Sujet Pensant* découle la croyance que ce système garantit une pure objectivité, alors qu'il est un *Sujet Agissant Non Pensant*, porteur, comme tout sujet, d'une subjectivité, sa fiabilité et sa performance n'impliquant nullement sa pertinence. L'occultation de ce paradoxe a plusieurs origines, et cet article propose d'en explorer une, l'absence de réflexions sur l'iconographie scientifique de l'informatique.

*emmanuel.saint-james@lip6.fr

Une première partie, fondée sur des antécédents épistémologiques, justifiera la nécessité des *diagrammes animaliers*, dont les deux parties suivantes fourniront des exemples, élaborés au cours de plusieurs années d'enseignement en licence d'informatique et en école d'art graphique, pour leur vertu iconographiques mais aussi anthropologiques. La quatrième partie montrera comment animer ces diagrammes et pourquoi cette animation renforce le but visé. L'appartenance des animaux choisis à la clade des protostomiens et non au groupe frère des deutérostomiens où l'être humain est rangé occupera la cinquième partie. En conclusion, un parallèle avec la didactique des mathématiques motivera des recommandations urgentes pour celle de l'informatique, à l'heure où l'intelligence artificielle émet à nouveau de douteuses promesses.

2 Anima ex machina

Les machines comme Sujet Agissant est un thème philosophique déjà présent à l'aube de l'informatique dans l'œuvre de Gilbert Simondon¹, trop peu lu de son temps mais abondamment commenté ces dernières années. En revanche la didactique de l'informatique semble un domaine quasiment vierge. Pour éviter les mésinterprétations évoquées ci-dessus, il convient de s'appuyer sur les réponses que les autres sciences ont apportées à cette question. En cette matière, les ouvrages de François Dagognet sont probablement ceux couvrant le plus grand nombre de disciplines². Son propos peut se résumer sommairement comme suit. Chaque science se constitue en élaborant trois sortes d'outils : des langues, des classifications et des diagrammes. La langue apparaît en premier. La perception de ses limitations finit par imposer le recours aux deux autres.

Le premier cas étudié par Dagognet est la chimie, Lavoisier ayant forgé la langue, Mendeleiev la classification de base, et une série ininterrompue de chimistes des diagrammes représentant des molécules et leurs réactions. Un autre exemple est cette science d'abord appelée histoire naturelle à l'époque où elle n'avait encore qu'une langue et une classification inexplicative car anthropocentriquement binominale, et qui devient biologie lorsqu'émergent ces diagrammes nommés ultérieurement arbres phylogénétiques. Dagognet, philosophe docteur en médecine, étudie également les planches d'anatomie qui iront en se schématisant, avec en particulier les travaux d'Ernest-Jules Marey et sa *méthode graphique dans les sciences* qu'il aimerait pouvoir appliquer aux idées, anticipation du sujet ici traité.

L'informatique n'en est encore aujourd'hui qu'au stade de la langue et des classifications, d'abord parce qu'elle est une collection de langages classés selon leur usage : formats de documents, protocoles de communication, langages de programmation, bibliothèques d'algorithmes. Comparés aux ouvrages des sciences évoqués précédemment, ceux d'informatique frappent par leur pauvreté iconographique. L'iconographie est quasiment absente dans les branches de la discipline les plus directement issues des mathématiques (l'algorithmique et la programmation), le préhistorique organigramme s'étant révélé inadapté à la fois à la complexification des traitements et la nécessité d'en démontrer mathématiquement la justesse. L'iconographie est plus fréquente dans les ouvrages consacrés à l'architecture des ordinateurs et des processeurs, mais il s'agit cette fois de branches directement issues de l'électronique, dont les codes graphiques sont repris sans chercher à les dépasser. Le seul effort notable de donner à la discipline des diagrammes bien définis est UML (Unified Modeling Language), qui décrit essentiellement des emboitements, à l'aide d'éléments graphiques assez pauvres (des rectangles, des lignes droites et une poignée de pictogrammes stéréotypés).

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que nombre d'éditeurs d'ouvrages d'informatique aient décidé de les égayer par des images conçues par des graphistes généralistes, sans en attendre un complément pédagogique spécifique à la discipline. Un exemple particulièrement intéressant et bien connu est la collection O'Reilly, dont les couvertures ont pour charte graphique une planche choisie

1. *Du mode d'existence des objets techniques* Aubier-Montaigne 1958.

2. Parmi ses nombreux ouvrages d'épistémologie, il faut citer *Tableaux et Langages de la chimie* Seuil 1969, *Le catalogue de la vie* PUF 1970, *Ecriture et Iconographie* Vrin 1990, et le recueil d'articles *Les outils de la réflexion* PUF 1990. A lire également, *L'animal selon Condillac* Vrin 1990, dont le contenu déborde très largement le titre.

parmi les plus belles léguées par la zoologie du XIX^e siècle, le reste (fond blanc et un rectangle monochrome entourant le titre) passant presque inaperçu : aveu que l’informatique, pourtant utilisée par nombre de sciences pour leur iconographie, n’a toujours pas élaboré la sienne. Les animaux en couverture étaient au départ exclusivement exotiques, avant que des réactions négatives face aux premières éditions convainquent l’éditeur d’élargir sa ménagerie. L’auteur de cette charte graphique raconte³ avoir pensé à ces animaux parce que les titres de ces ouvrages d’informatique lui paraissaient tout aussi exotiques, et même *ésotériques* (sic), vocable pour le moins incongru dans une collection scientifique. Quant à choisir des animaux, alors que d’autres formes d’exotisme étaient possibles, l’auteur dit seulement que cela lui a paru évident (*it just flows*), évoquant sans les préciser des parallèles entre certaines technologies informatiques et comportements des animaux retenus, majoritairement des vertébrés. Sans doute, a-t-il été guidé par ce sentiment diffus que tout système informatique cache un Sujet Agissant.

Le diagramme est une entité graphique qui relève à la fois du dessin et du texte. Le texte est constitué de mots isolés, parfois de locutions, presque jamais de phrases. Le dessin exprime de manière plus synthétique et plus facilement mémorisable qu’un texte seul les relations entre les éléments du diagramme : dépendances, implications, connexions et bien d’autres. Un diagramme est modélisé mathématiquement par un graphe, c’est-à-dire un ensemble de sommets reliés par des arcs. Sa représentation graphique habituelle attribue aux sommets des formes géométriques simples étiquetées par un mot, et aux arcs, parfois étiquetés eux aussi, des lignes droites éventuellement brisées ou des arcs d’ellipses, plus rarement des courbes de degré supérieur. Cette pauvreté de forme provient essentiellement des outils utilisés pour les produire, savoir des logiciels de dessins fonctionnant automatiquement à partir de la description mathématique du graphe, ou semi-automatiquement, en ce sens que l’utilisateur place les sommets sur la surface, mais leurs formes et les arcs qui les relient sont tracés par l’ordinateur. L’absence de la main dans le tracé suggère qu’un système informatique s’est construit sans intervention d’êtres humains, comme si l’ordinateur était apparu par génération spontanée, sans rien leur devoir.

Pour contrer cette fausse impression et rappeler qu’un système informatique est un Sujet Agissant, la piste exposée ici consiste à donner à ces diagrammes une forme évoquant le vivant. Déjà le vocabulaire informatique est plus friand d’évocations animalières ou végétales que son iconographie. Toutefois certaines sont négatives, leur donner une existence graphique serait contre-productif. Ainsi de la puce et du virus informatique, ce dernier d’autant plus à écarter que son statut d’être vivant fait débat. Le bug serait plus recevable, mais trop peu de francophones savent que ce mot anglais désigne un animal, et il a perdu de son actualité, les circuits intégrés ayant remplacé les lampes altérées par cet insecte. La souris risque de connaître le même sort, ses prédateurs étant l’écran et le pavé tactiles. Mais deux animaux peupleront encore longtemps l’informatique : l’araignée, grâce au Web, et la coquille Saint-Jacques, grâce au Shell d’Unix.

3 La dernière métamorphose de Zeus

Internet est un réseau reliant instantanément un système informatique à tous ceux déjà connectés, notamment les machines accessibles anonymement nommées serveurs. Ceux-ci comportent les serveurs HTTP, les machines réalisant le service d’annuaire d’Internet nommé DNS, les deux types de passerelles destinées aux mails (SMTP en émission et POP ou IMAP en réception), auxquels il faut ajouter les petits serveurs musicologiques CDDDB pour leur intérêt pédagogique, bien supérieur à leur fréquence d’utilisation. Leurs clients sont essentiellement de quatre types : les dénommés *bots*, machines autonomes dont les plus connues sont les moteurs de recherche, les ordinateurs personnels, les smartphones, et enfin les ordinateurs à synthèse vocale ou braille⁴. Un diagramme

3. <https://www.oreilly.com/content/a-short-history-of-the-oreilly-animals/>

4. L’accessibilité du Web aux déficients visuels est une préoccupation du W3C dès 1997 avec la WAI (Web Accessibility Initiative, à traduire par Web Accessible aux Infirmes) qui spécifie comment écrire pour eux du HTML tant statique (WCAG) que dynamique (ARIA).

peut rendre compte de cette architecture dite client/serveur par un graphe adoptant certaines conventions. Un sommet représente toutes les machines d'un certain type (tous les smartphones, tous les serveurs Web etc). Les quatre types de clients sont disposés sur un axe horizontal et les cinq types de serveurs sur un axe vertical, ces axes n'étant pas tracés. Des arcs en diagonale relient les premiers aux seconds pour chaque paire existant effectivement. Toutefois le problème se complique par le fait qu'un serveur peut aussi être un client, en particulier d'un serveur de même type que lui : les serveurs d'envoi de mail, en particulier, sont interconnectés. Il en résulte des arcs en forme de boucle, qui se manifeste également dans le cas du pair-à-pair où un client est à la fois client et serveur d'un client de même type. Par ailleurs la multitude des connexions rend le graphe sous-jacent non planaire (c'est-à-dire que des arcs vont inévitablement se couper), mais une répartition judicieuse des clients et des serveurs sur les deux axes permet de diminuer le nombre d'intersections. Avec les 4 types de clients et les 5 types de serveurs, en faisant se croiser virtuellement les deux axes en leur milieu et au centre du diagramme, apparaît un dessin évoquant une toile d'araignée, qui s'impose vu le sujet traité.

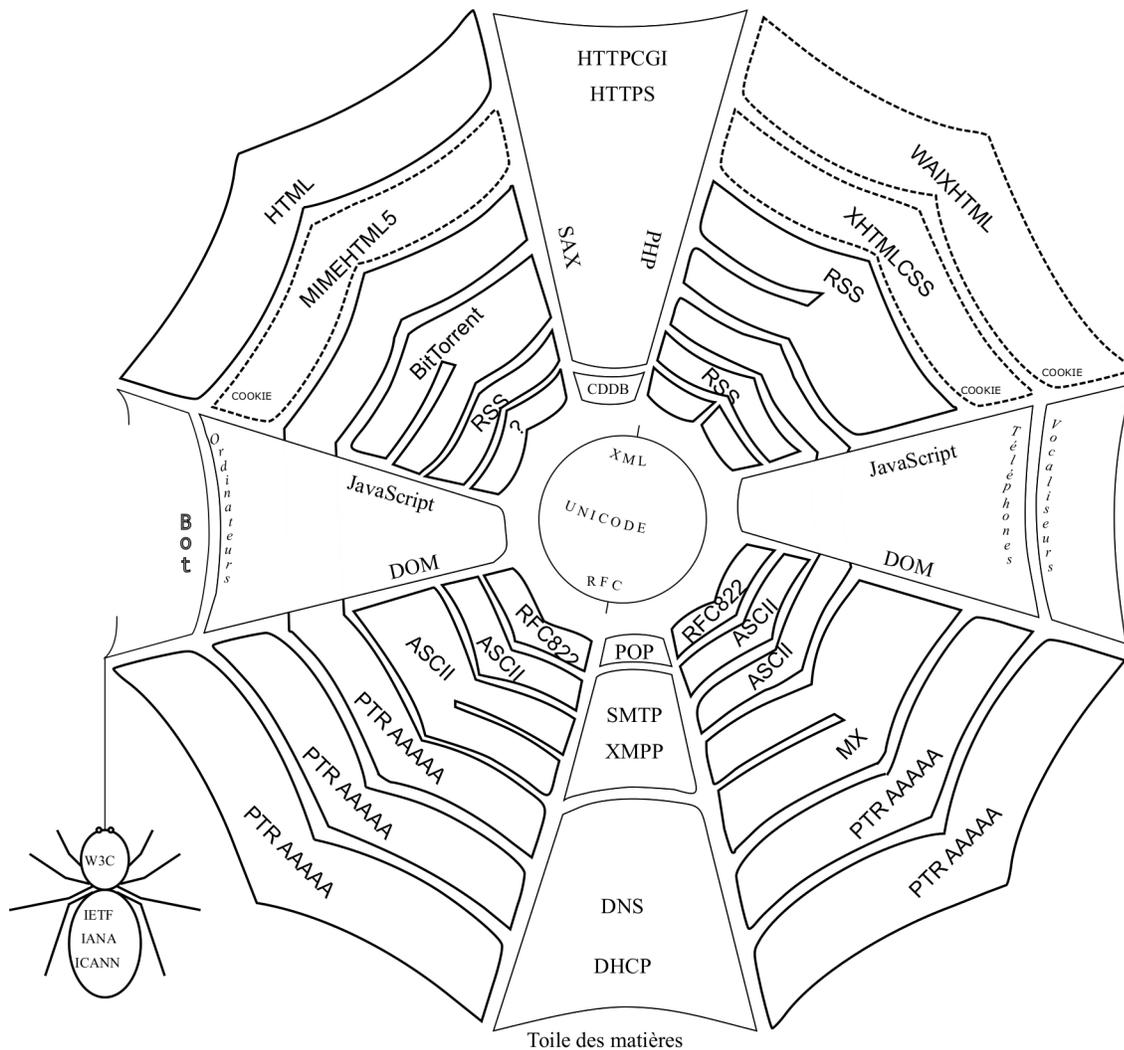
Le diagramme comporte donc comme sommets les types de serveurs et de clients mentionnés, leurs noms étant éventuellement complétés par les langages, interfaces ou bibliothèques qu'ils utilisent. Les arcs, symbolisant les canaux de communication du réseau, sont étiquetés par le format des documents qu'ils véhiculent. Au centre du diagramme sont disposés les noms des spécifications techniques régissant tout ceci. Ils apparaissent sur une sphère symbolisant la Terre, signifiant que celle-ci est à présent engluée dans cette toile. Une des lignes entourant le client nommé Bot est volontairement brisée, montrant ainsi que ces clients inhumains altèrent le projet initial. Ce fil cassé devra être racommodé par l'araignée sur laquelle sont écrits les organismes chargés de la rédaction des spécifications évoquées : le vivant aura-t-il raison de l'inerte ?

L'étymologie commune des mots *texte* et *textile* est bien connue : suivre le fil d'une toile, suivre le fil d'un discours participent d'une même capacité à élaborer sur le long terme. À ce titre, choisir l'araignée pour symboliser l'homme ne saurait surprendre, ces deux êtres vivants partageant l'exclusivité de la pratique du tissage. Et cette technique marque un point de rupture : porter un vêtement tissé est ce qui distingue visuellement l'homme civilisé de l'homme préhistorique, seulement vêtu de peaux de bêtes plus ou moins cousues. Cette importance du tissage est perçue dès l'Antiquité, et déjà de manière métaphorique par l'évocation du tissu social⁵. Un mythe grec, celui d'Arachné, lui est d'ailleurs consacré, transmis avec le plus de détails par *Les métamorphoses* d'Ovide. Arachné, jeune fille admirée pour sa maîtrise du métier à tisser, se prétendit plus habile encore que la déesse des arts et des techniques. Celle-ci relève le défi, et chacune conçoit une toile représentant les dieux. La fille de Zeus peint leur puissance, notamment lorsqu'ils offrent aux hommes la domestication du cheval et la culture de l'olivier ; sur la bordure elle illustre les châtiments infligés à qui s'oppose aux dieux du mont Olympe. Arachné les exhibe dans leurs ruses pour soumettre à leurs désirs femmes, éphèbes et déesses, en particulier Zeus dans ses multiples métamorphoses, du perfide taureau emportant Europe, à la pluie d'or déflorant une princesse emprisonnée dans sa tour ; sur la bordure, du lierre entrelace des fleurs. Son succès irrite la déesse, qui brise cette trop magistrale dénonciation des travers de sa caste. Et pour lui ôter toute postérité, elle change Arachné en araignée perpétuellement pendue à son fil.

L'interprétation religieuse de ce mythe a prévalu pendant des siècles : Arachné est punie pour avoir offensé une divinité. Le XX^e siècle a perpétué cette condamnation en la laïcisant⁶ : Arachné expie son manque de modestie et de psychologie, car fanfaronner et indisposer un jury souverain avec des histoires scabreuses, notamment sur le père d'une autre candidate, c'est enfreindre les règles tacites d'un concours. Mais voici le XXI^e siècle qui donne au mythe son interprétation numérique. Arachné est la communauté du logiciel libre qui partage entre humains les fleurs d'un lien social mondialisé ; elle récusé la supériorité technique des puissants dont l'offre de gratuité

5. voir F. Frontisi-Ducroux *Ouvrage de dames* Seuil 2009

6. Cf. Bernard Mezzadri *Les brocards de Loki et la toile d'Arachné* Métis. Anthropologie des mondes grecs anciens, vol. 13, 1998



cache la colonisation du Web par des robots, chargés d'éliminer toute opposition à leurs maîtres. Pour soumettre non plus seulement Europe mais l'humanité tout entière emprisonnée dans des data-centers, Zeus s'est métamorphosé en une pluie de silicium tombée du mont GAFAM.

4 La Renaissance et l'iconographie de la naissance de Linux

Un système informatique repose sur ce qu'il est convenu d'appeler un noyau, autour duquel se construisent bibliothèques, utilitaires et applications. L'alliage du noyau Linux et de la suite logicielle Gnu pour offrir un système Unix complet en est l'archétype. Le noyau seul n'est utilisable que par les programmeurs chevronnés. La nécessité d'une couche supplémentaire remonte à encore plus loin que Multics, ancêtre direct d'Unix dont il a tiré son nom par une dérision devenue trompeuse, l'Unicité du second ayant bien vite reproposé la Multiplicité du premier⁷. En anglais le noyau se dit *kernel*, mot qui désigne également le corps mou des mollusques ; l'idée d'appeler coquille (*shell*)

⁷ *Unix Administration Handbook* (Addison-Wesley 5e édition 2017) est l'ouvrage de référence sur Unix et son évolution, car enrichi à chaque nouvelle édition depuis plus de trente ans par une équipe comportant au départ la regrettée Evi Nemeth.

ce qui l'entoure s'impose d'elle-même, et ainsi est née la dénomination Shell pour désigner le langage de commande des systèmes informatiques.

Alors que l'interface de programmation au noyau se doit de garantir une certaine stabilité aux programmeurs, peu d'entre eux sont concernés par la problématique du démarrage du système. Ses différents concepteurs ont ainsi toute liberté pour explorer de nouvelles pistes visant son amélioration, notamment en vitesse. De fait, il diffère beaucoup d'une version d'Unix à l'autre. L'expertise nécessaire pour obtenir au final la table des processus souhaitée est assez élevée, et l'évocation d'un mollusque dans ce problème d'ouverture d'une session suggère de le comparer à l'ouverture d'une coquille Saint-Jacques : il faut beaucoup d'adresse pour passer d'une coquille hermétique à une table qui excelle.

La physiologie de la coquille Saint-Jacques⁸ révèle une étonnante similitude avec les composants d'un ordinateur et leur rôle dans les tâches du système. L'organe le plus volumineux de cet animal dépourvu de cerveau est son muscle, évoquant une force brute, locution désignant en informatique l'essai de toutes les valeurs possibles en l'absence d'informations sur un obstacle à franchir : problème sans solution algorithmique connue ou, moins légitimement, mot de passe à craquer. Le cœur s'assimile à l'holorge qui commande au processeur d'exécuter une instruction élémentaire selon un rythme régulier (que les processeurs modernes peuvent moduler selon l'effort demandé). Les organes génitaux contiennent évidemment la mémoire génétique, leur hermaphroditisme reflétant les deux types de mémoire utilisés par un processeur : la mémoire centrale et les mémoires dites *caches*. Les branchies s'apparentent au bus de données, où ont lieu les circulations indispensables. La bouche alimente le dispositif en nourritures diverses, comme une carte réseau ramène des données à traiter. Elles passent dans l'intestin qui décide de les héberger ou, lors d'intrusion, de les rejeter en fabriquant une perle, objet aussi resplendissant que la bannière "*login*" s'affichant devant l'utilisateur impatient que sa session démarre. Le foie, organe de stockage de substances diverses, s'apparente au disque dur stockant les données intéressantes. Enfin, les centaines d'yeux qui garnissent le manteau du corps mou symbolisent les nombreux périphériques en contact avec le monde extérieur.

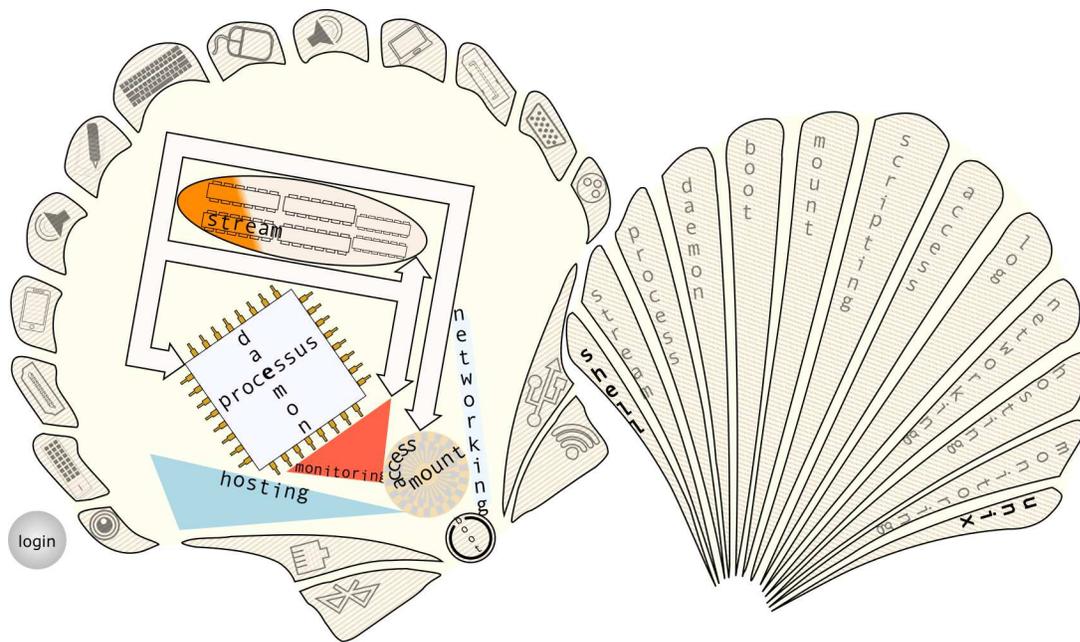
Le diagramme proposé est donc une coquille Saint-Jacques dont le pourtour montre les périphériques potentiellement disponibles, soit par leur dessin, soit par la prise en permettant le branchement. Les organes sont dessinés à mi-chemin entre leur anatomie réelle et les conventions graphiques de l'électronique, et sont étiquetés par la fonctionnalité qu'ils assurent dans l'architecture du système, fonctionnalités constituant en fait les thèmes abordés pendant l'enseignement.

Les mollusques sont consommés depuis des temps immémoriaux, pourtant ils semblent absents de toutes les mythologies connues. Vénus, née de l'écume de la mer, est représentée dans une coquille Saint-Jacques dans une petite sculpture de la Grèce antique, ainsi que dans une fresque à Pompéi et dans une mosaïque romaine à Tunis, mais aucun texte ancien ne l'évoque. Les tableaux de la Renaissance consacrés à Vénus mêleront définitivement naissance et coquille Saint-Jacques. L'association de l'animal à Saint-Jacques de Compostelle, tardive et obscure, le lie ensuite à la résurrection. Apparaît donc ici une double métaphore naissance/renaissance : un ordinateur naît pour offrir à son système de perpétuelles renaissances, nos sociétés industrialisées ayant remplacé les pèlerinages vers des croyances en ruines par d'impatients démarrages de machines éternellement corvéables.

5 Diagrammes animaliers, diagrammes animés

Au départ strictement oral, l'enseignement universitaire s'est enrichi avec l'imprimé. La notion de variable en mathématiques, notamment, doit beaucoup à sa garantie de reproduction à l'identique de signes dont cette science est friande. Il en est résulté une symbiose profonde entre la science

8. L. Chauvaud *La coquille Saint-Jacques sentinelle de l'océan* Equateurs 2019, ouvrage le plus à jour sur la question, malheureusement pourvu d'une iconographie indigne d'un ouvrage de zoologie, et de trop nombreuses digressions.



et l'écriture, d'où découle une certaine difficulté de l'enseignement scientifique à recourir à l'image. Celle-ci est pourtant omniprésente dans les sociétés modernes, qui la reprivilégient au détriment de l'écriture, la différence avec les époques à l'analphabétisme dominant résidant en partie dans le fait que ces images sont de plus en plus souvent animées.

Un discours se perçoit linéairement dans le temps. Écrit, il possède un sens de lecture, de gauche à droite et de haut en bas pour les langues scientifiques issues du latin. À l'inverse, un dessin est dépourvu de sens de lecture, ce qui semble le rendre inadapté à l'intelligibilité d'une pensée logique. Mais en animant ce dessin, il devient possible de réintroduire une temporalité sans retomber dans la linéarité de l'écriture textuelle. Dans le cas du diagramme, au lieu de le visualiser d'un coup entièrement, il peut se dévoiler progressivement. Un sens de lecture est ainsi rétabli, qui de plus peut admettre des variantes : dévoilement par ordre chronologique de l'apparition des items, par difficulté croissante ou par tout autre ordre utile à l'intention de l'exposé. Les dévoilements simultanés, à éviter en règle générale, peuvent servir à illustrer la concomitance de certains événements ou à d'autres motifs de rapprochements.

La dimension supplémentaire de l'animation permet au discours scientifique de rester en phase avec les mentalités d'aujourd'hui. C'est pourquoi les deux diagrammes exposés ci-dessus sont en fait dévoilés progressivement lors de nos exposés pédagogiques.

Le diagramme conchylicole présente au départ une coquille Saint-Jacques fermée sans aucune inscription. Les périphériques s'affichent un à un sur le pourtour. La table des matières de l'enseignement s'écrit progressivement sur le dessus de la coquille. L'apparition du dernier mot provoque son ouverture, dévoilant l'organisme après rotation à 305 degrés et écart latéral de la valve supérieure pour laisser lisibles ses inscriptions. Le coeur battant propulse une donnée sur le bus. Les autres organes et les yeux clignent à tour de rôle pour illustrer le mécanisme de *temps partagé*, qui impose au processeur de changer d'interlocuteur, autrement dit de processus, plusieurs fois par minute. En s'ouvrant, l'animal laisse tomber une perle sur laquelle est écrit "login".

Le diagramme du Web quant à lui affiche d'abord seulement la Terre. Les sommets et les arcs apparaissent par ordre chronologique dans les avancées de l'informatique. Les libellés des sommets sont fixes, ceux des arcs voyagent indéfiniment du serveur vers le client. Seuls les cookies voyagent en sens inverse, témoignant ainsi de leur dérogation à la confidentialité des connexions. Lorsque le

sommet symbolisant les bots apparaît, les canaux se colorent progressivement pour signifier que l'utilisation massive d'Internet par ces clients particuliers nuit au réseau, la Terre s'obscurcissant, sans cesser de tourner afin de relativiser cet événement. L'araignée, symbolisant le W3C et l'Internet Society, monte alors à son fil pour tenter de le réparer, les bots la repoussant brutalement.

Afin de maintenir l'attention, les deux diagrammes rejouent en boucle leur dernière séquence : activité cardiaque pour la coquille, intervention de l'araignée pour l'autre. Le mouvement reste ainsi dans l'analytique plutôt que de sombrer dans le narratif qui peuple de manière hégémonique les écrans d'aujourd'hui. Sur le plan technique, ces diagrammes utilisent SVG. Cette quintessence des normes graphiques qui l'ont précédée, permettant animation et personnalisation par feuilles de styles, a été définie dès 2001 par le W3C⁹, implémentée nativement dans le navigateur libre Firefox en 2005, la sauvant ainsi du désintérêt des multi-nationales du numérique, celles-ci l'ayant incorporée dans leur définition, très critiquable par ailleurs, de HTML5 en 2014 seulement. Une revue sur papier ne permettant pas de rendre compte de ces animations, on pourra se reporter au site Web archivant la conférence donnée pour une version préliminaire du présent article¹⁰ à l'ENSIB lors de l'École d'été de cartographie et visualisation en 2019.

6 L'ordinateur, cet invertébré

L'animation de ces diagrammes a donc pour premier avantage de capter l'attention, mais cette apparente concession au modèle dominant de transmission d'informations reste dans l'optique initiale, qui en est même renforcée. Car ce qui distingue l'animal du végétal c'est, comme son nom l'indique, d'être animé. Ce *distingo aristotélien* a été ébranlé par les avancées de la biologie, mais une révision de ses termes permet d'en conserver la pertinence. Affirmer que seuls les animaux se meuvent n'est plus acceptable depuis la découverte de plantes carnivores, d'animaux fixés sur des fonds marins, et de quantités d'êtres microscopiques en dehors du règne animal. Aujourd'hui, l'animal n'est plus seulement l'être vivant qui se meut, mais aussi celui qui nous émeut, car nous rentrons en empathie ou en conflit avec eux, et nous fait nous mouvoir, vers eux ou loin d'eux. Les plantes aussi émeuvent, mais les sentiments induits ne relèvent ni de l'empathie ni de la rivalité.

Ce qui se joue dans le rapport avec un système informatique est précisément que ses réactions, programmées par des humains, font croire qu'il entre en empathie avec ses utilisateurs, alors que dans son injonction à les plier à sa logique interne, massivement simpliste, il est plutôt en conflit avec eux. L'anatomie de la coquille Saint-Jacques apparaît alors comme une métaphore de l'ordinateur très pertinente : cet animal sans cerveau, ne sachant recourir qu'à la force et pourvu de centaines d'yeux évoque les sentiments que l'ordinateur inspire à beaucoup aujourd'hui : une entité qui vous observe et vous fait violence par son incapacité à comprendre vos difficultés. De même, la toile d'araignée symbolise bien le statut ambivalent d'Internet aujourd'hui : un entrelacs de fils qui permet de voyager dans l'admirable univers de la connaissance, mais aussi d'y faire des rencontres non souhaitées, menaçant de vous prendre comme la proie que l'araignée ligote.

L'iconographie proposée repose donc sur deux animaux aux systèmes nerveux bien éloignés du nôtre, et même de tous les vertébrés. Bien sûr les vocables *web* et *shell* les ont suggérés, mais leur présence dans le vocabulaire informatique témoigne déjà d'une affinité avec ces animaux. Deux vertébrés sont cependant bien présents à l'esprit de certains informaticiens car mascottes de la Free Software Foundation et de la communauté Linux, respectivement le gnou et le pingouin ; ces mascottes prennent indéniablement leur part dans la dénonciation des croyances non scientifiques, les membres de ces deux groupes aimant répondre à qui les questionne sur leur signe astrologique : *signe du gnou ascendant pingouin*. Mais l'attention que portent à leur progéniture mammifères et oiseaux contrevient au souhait de suggérer que les machines sont loin de cet univers sensoriel. Les réactions des ordinateurs, fondées sur une sorte de réflexe calculatoire et non sur des sentiments

9. <https://www.w3.org/TR/2001/REC-SVG-20010904/>

10. <https://pages.lip6.fr/Emmanuel.Saint-James/Carte-des-connaissances-ou>

pour autrui, sont plus proches de celles d'animaux dépourvus d'affinités électives.

Il faut également rappeler que pour les araignées comme pour les mollusques, le nombre d'espèces est du même ordre que celui de tous les vertébrés réunis (plusieurs dizaines de milliers), et qu'en nombre d'individus ces derniers sont même minotaires : l'être humain doit se souvenir qu'il est majoritairement entouré de Sujets Agissants très différents de lui. Le terme d'invertébré n'a aujourd'hui plus grande valeur en biologie, car il ne désigne pas un taxon monophylétique ; partant, ranger l'ordinateur dans ce groupe hétérogène des invertébrés est plus proche de la réalité que d'y voir les prémices d'humanoïdes surpassant leurs inventeurs sur tous les plans.

7 Design graphique et didactique scientifique

Un exposé scientifique atteint un maximum d'efficacité lorsqu'il se préoccupe de résoudre les problèmes de design graphique qu'il pose implicitement. Les écrits de François Dagognet, mentionnés en ouverture, ont été peu lus de son temps, mais cette question a pris une importance considérable ces dernières décennies¹¹. Le design graphique, par son rationalisme, est si proche de la démarche scientifique qu'au terme de cet exposé il faut poser la question suivante : ce Sujet Agissant Non Pensant qu'est l'ordinateur aurait-il été capable de produire les deux diagrammes présentés, en partant du seul matériel pédagogique donné au départ ?

Cette question est une fois encore celle de la mal nommée intelligence artificielle¹². Cette métaphore anthropocentrique de l'ordinateur vu comme un *cerveau électronique* est moins souvent énoncée aujourd'hui qu'à ses premiers balbutiements, mais elle reste perceptible. Ainsi la locution *programme informatique* a fini par contaminer la locution *programme politique*, tel politicien étant invité à *changer de logiciel*, témoignant de l'inversion de la métaphore : l'ordinateur n'est plus un cerveau électronique, c'est le cerveau humain qui serait un ordinateur biologique, genre inférieur car incapable d'effectuer des mises à jour. Cette soudaine supériorité s'appuie sur des réussites qui semblaient hors de portée il y a peu, notamment les victoires d'ordinateurs faces aux champions d'échec et de go. Mais ces buts ont été atteints non par un rationalisme plus perfectionné, mais par le chemin détourné et énergivore du plagiat massif, nommé *apprentissage profond* de nouveau par cet anthropocentrisme lui-même bien superficiel. Cette technologie sans créativité, dont on ne voit pas comment elle pourrait tenir la promesse oubliée de découvrir un théorème de mathématique, ne semble pas non plus apte à imaginer le présent article.

Pour poursuivre le travail ici exposé, il est plus raisonnable de compter sur les capacités ancestrales de transmission du savoir de l'être humain. Notre service public d'enseignement a concentré sur la plus abstraite des sciences son intérêt pour la didactique des disciplines, en créant les *Instituts de Recherche en Enseignement des Mathématiques*. Cette heureuse exception culturelle a sans doute quelque rapport avec le taux exceptionnel de mathématiciens célèbres dans le pays. À l'heure où l'informatisation du monde le révolutionne autant qu'il l'a été par sa mathématisation aux Temps Modernes, la communauté scientifique se doit ici de prendre une initiative comparable pour éviter de rester, et la société tout entière avec elle, spectateur d'un développement technologique qu'autrement personne ne pourra plus saisir dans sa globalité¹³.

11. Le tout récent *Design & Science* (Presses universitaires de Vincennes 2020) d'A.L. Renon contient une bibliographie importante sur le sujet, non exhaustive de son propre exposé.

12. Cette traduction littérale de l'anglais est trompeuse, le mot français intelligence se traduisant en anglais par *cleverness*, la locution anglaise voulant plutôt dire *savoir artificiel*.

13. L'auteur tient à remercier Eric Guichard pour son encouragement à présenter ces idées à son écolé d'été de visualisation numérique, Georges Bloch et Gérard Assayag pour une profonde discussion sur les limites de ce premier exposé, et Cécile Cabantous pour son exigence rhétorique lors de la rédaction de cet article.