

DE LA CAPSULE TEMPORELLE A
L'ARCHE DE CONNAISSANCES :
LA PRESERVATION DE NOS
CONNAISSANCES POUR L'ETERNITE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
I.1) LA CONNAISSANCE C'EST DE L'OR.....	6
La connaissance c'est la preuve, et la preuve est précieuse.....	6
Certaines connaissances sont uniques, et leur perte serait irréversible	7
Certaines connaissances sont difficiles à recréer.....	8
La connaissance est devenue la colonne vertébrale de notre civilisation	10
La préservation est une étape de la gestion de connaissance	11
I.2) PLUSIEURS MENACES PESENT SUR NOS CONNAISSANCES	13
Notre savoir est vulnérable aux phénomènes naturels	13
La connaissance peut être muselée par un pouvoir	14
Les dérives autoritaires sont plus probables que jamais	16
La sauvegarde des connaissances, c'est aussi la sauvegarde des erreurs du passé	18
Un effondrement de la civilisation signerait la fin de notre science.....	19
Les facteurs d'effondrement sont variés	21
I.3) LES OBJECTIFS D'UNE GRANDE MEMOIRE EPISTEMIQUE.....	24
Une mémoire épistémique peut sauver la civilisation.....	24
Une mémoire épistémique peut sauver notre culture	25
Une mémoire épistémique peut immortaliser le cosmos.....	26
Préserver la connaissance est moins coûteux que de nous préserver nous-mêmes.....	28
TRANSITION	30
II.1) CONTRAINTE N°1 : L'EXHAUSTIVITE.....	32
Répertorier c'est la première pierre de la préservation	32
Selon la stratégie de préservation, l'information doit être centralisée ou non.....	34
Des organismes préexistants faciliteraient la création d'une arche de connaissance.....	36
Une arche doit trouver le bon équilibre en matière d'exhaustivité	37
Il existe de nombreux critères pertinents de sélection du patrimoine intellectuel.....	39
La technologie est désormais disponible pour de stocker un maximum de connaissances.....	41
Un projet d'arche de connaissance aurait des retombées technologiques.....	43
Nos connaissances sont réparties sur une trop grande variété de supports.....	44
La numérisation rend possible la création d'une arche de connaissance massive.....	45
Le principal obstacle à l'exhaustivité reste juridique	47
II.2) CONTRAINTE N°2 : L'ACCESSIBILITE	50
La non-obsolésence des supports de stockage est une condition nécessaire à l'accessibilité	50

Nos descendants auront besoin de la capacité technique à lire nos informations	51
L'évolution du langage doit être prise en compte pour la transmission	53
Une arche de connaissance peut aussi peut aussi être immatérielle	55
La transmission intégrale des connaissances se fera sous réserve d'un apprentissage de l'esprit critique	56
II.3) CONTRAINTE N°3 : LA LONGEVITE	59
Face aux risques naturels, le choix de l'environnement de stockage est essentiel	59
Face aux risques humains, il faut trouver le bon équilibre en matière d'accessibilité	60
Face à l'usure, le choix du support est déterminant	61
Il existe de nombreuses stratégies d'arches de connaissances, et toutes ne sont pas conçues pour le temps long	63
Les arches de connaissances sont la forme aboutie des capsules temporelles les plus ambitieuses	66
Il existe une grande variété de capsules temporelles	67
Les capsules temporelles actuelles ont un potentiel énorme mais sont encore trop limitées	69
Les capsules temporelles peuvent ne pas avoir de destinataire défini	70
Nous pouvons aller très loin dans la conception d'une mémoire épistémique ultime	71
CONCLUSION	73
ANNEXE 1 : CAPSULES TEMPORELLES MAJEURES	75
ANNEXE 2 : PROJETS FICTIFS D'ARCHES DE CONNAISSANCE	78
ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE.....	82

INTRODUCTION

Que restera-t-il de nous dans des siècles ? Des millénaires ? Des millions d'années ? Ces questions, beaucoup se les sont déjà posés. On se les pose même plus que jamais avec l'actualité brûlante et la multiplication des crises qui viennent chambouler nos vies. Qu'est-ce qu'on va bien pouvoir laisser aux générations futures si le monde va de plus en plus mal ? Et il ne s'agit pas seulement de ce qu'on va laisser à titre personnel, c'est-à-dire ce qu'on veut léguer à nos proches (notamment à nos enfants) et aussi plus symboliquement, tous les projets de vie que nous réalisons parce que nous souhaitons laisser quelque chose qui vienne de nous après notre mort (une cause, une œuvre, une invention etc.). Il s'agit aussi de ce qu'on va laisser à titre collectif, à titre de civilisation. L'humanité ne date pas d'hier et de nombreux êtres humains ont réussi à laisser des traces tellement durables de leur passage qu'on continue d'en redécouvrir aujourd'hui. Le patrimoine de notre civilisation est une accumulation, une somme brute de millions d'héritages laissés par des millions de personnes depuis l'aube des temps, qu'il s'agisse d'Art, d'idées, de connaissances scientifiques, de techniques, de valeurs, de coutumes, de langues et bien d'autres choses que l'on ne pourra nommer de façon exhaustive. Ce patrimoine s'étale sur des milliers et des milliers d'années et comporte toute sorte de choses, « d'items » qui nous sont parvenu jusqu'à aujourd'hui parfois par miracle. Tout ceci c'est bien beau, mais les questions autour de l'héritage et de la préservation du patrimoine, nous ne sommes pas les premiers à l'aborder et ce n'est clairement pas le but de ce manifeste d'insister une énième fois sur l'importance de sauvegarder notre patrimoine, même si cela ne relève pas de l'évidence pour tout le monde.

Non, l'objectif principal ici, c'est de se demander comment aller plus loin : comment s'assurer que la totalité des connaissances bénéficient du soin nécessaire pour perdurer ? Comment s'assurer que même dans des époques très lointaines, tout ce que l'humanité aura produit de connaissance soit toujours à l'abri et accessible, et pas uniquement des portions de celles-ci ? Nous sommes plus ou moins capable de conserver toutes sortes d'items dans les musées, les bibliothèques, les archives et autres centres de stockage de données, et même à titre individuel, nous pouvons aussi constituer nos propres petites collections privées, journaux intimes et autres albums photo. Mais tout ceci n'est pas nécessairement pensé pour être encore disponible aux générations futures dans des milliers d'années : ce patrimoine est dispersé et ne bénéficie pas du même soin partout. Nous sommes capables de préserver le patrimoine à une échelle locale, mais nous ne sommes pas encore capables de préserver le patrimoine global de l'Humanité. Surtout, les lieux de préservation actuels restent encore vulnérables à toute sortes de catastrophes. Ou même à la destruction volontaire. Dans cet ouvrage, nous allons nous faire avocats de ce qu'on appellera une mémoire épistémique. A ce stade, nous pouvons définir la mémoire épistémique comme une sorte d'archive universelle et durable, une mémoire qui rassemble l'intégralité (ou presque) de nos savoirs, et indirectement, de notre patrimoine intellectuel et culturel. Une mémoire épistémique aurait vocation à faire en sorte que l'ensemble de la connaissance, notamment scientifique, puisse perdurer pour des générations et des générations, dans son intégralité. En clair, pensez à la Bibliothèque d'Alexandrie, ou à celle moins connue de Pergame, qui déjà durant l'Antiquité, ambitionnaient de rassembler l'ensemble des savoirs et des arts disponibles à l'époque dans le monde grec. Des bibliothèques qui ne nous sont, hélas, pas parvenues aujourd'hui. Une bibliothèque d'Alexandrie n'a pas nécessairement pour but de tout centraliser à un seul endroit, ni même de se focaliser exclusivement sur les Sciences et sur la littérature. Mais la philosophie de vouloir créer un espace durable, une arche, dédiée à l'ensemble de la connaissance demeure dans le concept de mémoire épistémique. Contrairement aux bibliothèques antiques, derrière la mémoire épistémique, il y a l'espoir de créer une banque de connaissance capable de transcender notre propre civilisation et de lui survivre.

Nous allons donc explorer ensemble les enjeux de la mémoire épistémique, c'est-à-dire pourquoi la préservation de la connaissance est fondamentale, quelles sont les menaces qui pèsent sur elle, et quels sont les objectifs d'une mémoire épistémique. En, clair : pourquoi diable avons-nous besoin de préserver la connaissance dans son intégralité ? Dans un second temps, nous détaillerons également davantage les contraintes derrière un tel projet, ainsi que les différentes méthodes ou approches possibles pour y répondre, aussi bien en termes d'exhaustivité, d'accessibilité ou de longévité. Autrement dit : comment s'y prendre pour préserver durablement la connaissance dans son intégralité ? Ce sera d'ailleurs à cette occasion que l'on pourra faire intervenir le concept de capsule temporelle, qui est intimement lié à celui de mémoire épistémique.

I.1) LA CONNAISSANCE C'EST DE L'OR

La connaissance c'est la preuve, et la preuve est précieuse

Le nerf de la guerre dans la recherche, c'est la preuve matérielle. Les scientifiques cherchent par tous les moyens à accumuler le plus de preuves possibles pour évaluer la qualité de leurs théories, pour confronter des hypothèses etc. Ces preuves sont directement ou indirectement liées aux objets d'étude des théories : pour étudier l'atmosphère terrestre, on accumule les relevés de température et de pression, pour scruter le vivant, on observe des spécimens dans la nature, pour comprendre l'espace lointain, on prend le spectre des étoiles, on photographie le ciel, on écoute les ondes radios etc. Ces preuves peuvent alors prendre au moins deux formes : tangibles et intangibles. Les preuves tangibles sont les preuves matérielles proprement dites : ce sont les fossiles, les sites de fouilles archéologiques, les météorites, les carottes de glace, les boîtes de Pétri, les bouteilles de formole, les échantillons etc. Les preuves intangibles constituent toutes les données que l'on arrive à tirer des preuves tangibles : les comptes-rendus d'observation ou d'expérience, les mesures, les graphes, les notes descriptives, les cartes, les interprétations, les classifications et la terminologie employée, les lois scientifiques, les démonstrations mathématiques associées etc. Ces informations « intangibles » sont recueillies dans des bases de données plus ou moins organisées et sont discutées succinctement dans les publications scientifiques, ces dernières constituant la colonne vertébrale de la recherche scientifique. Ces publications sont bien évidemment produites sur un support matériel : classiquement, du papier, ou de la mémoire informatique, si le format adopté est numérique. Aussi, les preuves intangibles finissent d'une certaine manière aussi par être converties en preuves tangibles : les publications scientifiques. Par conséquent, cela signifie que la recherche scientifique repose sur une accumulation de toutes sortes d'artefacts dont il est possible de tirer des connaissances. La somme des connaissances de notre civilisation est ainsi constituée de la somme des musées, des bibliothèques universitaires, des archives de laboratoires, des serveurs informatiques et aussi d'autres lieux dédiés à l'accumulation des connaissances à travers la planète.

Tout cela nous amène à faire les constatations suivantes :

*La connaissance est une entité virtuelle qui existe à travers une entité matérielle : la connaissance n'est pas qu'une simple information mentale qui dépend du sujet pour exister, la connaissance peut « survivre » indépendamment du sujet à travers toute sortes de supports (les preuves tangibles d'une part, les preuves intangibles, c'est à dire les publications scientifiques, d'autre part), facilitant la transmission des connaissances d'une génération à l'autre.

*La longévité des connaissances dépend donc de la longévité des supports de connaissances : les connaissances accumulées à travers les publications scientifiques seraient perdues si les archives s'évaporaient du jour au lendemain. On ne peut compter exclusivement sur la mémoire humaine et la transmission orale pour garder nos connaissances avec le niveau de précision adéquat.

*La longévité des connaissances dépend aussi de la longévité de l'objet d'étude en premier lieu : là où un futur astronome n'aura jamais de mal à étudier l'orbite des planètes du système solaire, car celles-ci seront toujours présentes dans des millions d'années, un futur biologiste pourrait avoir des difficultés à étudier le vivant si des familles entières d'espèces disparaissent sans laisser de traces, ou si elles laissent des traces trop fragiles, tels que des fossiles, dont l'intégrité physique ne peut être garantie pour des milliers d'années une fois déterrés.

Cela nous amène à faire l'observation suivante, qui est le premier enjeu majeur de la préservation de la connaissance : beaucoup de nos connaissances dépendent de l'accumulation de preuves dont la durée de vie est limitée. Si une entité quelque part dans le monde (astre, espèces vivantes, roches, humains, cultures etc.) fait l'objet d'une étude, alors tant que cette entité existera, ce ne sera pas trop grave que des preuves à son sujet disparaissent, puisque l'on pourra toujours les réobtenir quasiment à l'identique. Mais si cette entité disparaissait, il ne resterait alors plus que des traces de son passage, il est alors encore possible de créer de la connaissance mais seulement de manière indirecte, et surtout, cette connaissance sera vraisemblablement incomplète. Si ces traces disparaissent à leur tour, il ne resterait alors plus que les données que nous avons eu le temps de consigner quelque part, limitant l'extension de nos connaissances. Enfin, si ces données ne sont pas consignées ou que nos supports d'information disparaissent, alors les générations futures ne seront même pas en mesure de créer la moindre connaissance sur l'entité disparue. La connaissance de civilisations anciennes, de formes de vie, d'évènements historiques ou encore des mœurs d'une société pourrait un jour devenir totalement inaccessible, et nous pourrions être les derniers à la posséder.

Certaines connaissances sont uniques, et leur perte serait irréversible

Nos connaissances se répartissent donc sur trois niveaux : les objets d'étude en eux-mêmes ; les preuves matérielles découlant de ces objets ; et les publications scientifiques découlant de ces preuves. Autrement dit, les sources de connaissances, les pièces à convictions des connaissances, et les supports de connaissances. La préservation de la connaissance est d'autant plus efficace lorsque celle-ci se fait à un niveau amont, c'est-à-dire au niveau de la source de connaissance elle-même. Seulement, la préservation est aussi d'autant moins fastidieuse à un niveau aval : il est plus aisé de conserver un document portant sur une région du monde, que de conserver ladite région. Surtout, les sources de la connaissance sont parfois éphémères, et les publications portant sur elles peuvent théoriquement avoir une longévité supérieure. Quel que soit le niveau sur lequel s'étale nos connaissances, il existe en fait toujours une portion considérable de ces dernières qui ne pourraient pas être redécouvertes par les générations futures en cas de perte.

Au niveau de l'objet d'étude en lui-même, on peut évoquer l'exemple assez évident des espèces animales et végétales réparties à travers la planète. Tant que l'on pourra observer un ours polaire ou un paléuvier dans la nature, il sera toujours possible de décrire ces espèces, même si nous avons eu la maladresse de stocker toutes nos publications sur les ours et les paléuviers dans une seule archive qui finit par prendre feu. Mais si demain ces espèces disparaissent, il ne restera que les fossiles dans les muséums, les échantillons d'ADN en laboratoire, les articles scientifiques, les photographies, les témoignages etc. Il sera techniquement encore possible de créer des connaissances nouvelles à partir de tout ceci, mais dès qu'une nouvelle hypothèse pointera le bout de son nez, il sera plus difficile de la vérifier à partir de ces seules archives plutôt qu'à partir de l'observation directe dans la nature. Certaines espèces ayant des caractéristiques incongrues que l'imagination ne peut inventer spontanément, leur survie est indispensable si l'on veut s'assurer d'appréhender l'étendue diversité que peut prendre le vivant. Grâce aux témoignages et aux ossements, on sait que des forêts denses et des lions existaient en Grèce il y a 3000 ans, alors que la faune et la flore actuelle est radicalement différente. Sans ces sources indirectes, il nous paraîtrait difficile de ne serait-ce que d'imaginer qu'une région comme la Grèce ait pu ressembler à cela (il existe une terminologie dédiée, l'amnésie biologique, pour décrire ce phénomène). La préservation des espèces vivantes est donc évidemment un enjeu

majeur pour les biologistes, pas seulement pour les raisons éthiques que l'on sait, mais aussi tout bêtement pour des raisons épistémiques : la perte d'une espèce, c'est aussi la perte d'une source d'information capitale sur un être unique dans l'Univers observable, et peut être même par extension sur la biosphère en général (les connaissances accumulées sur des espèces individuelles peuvent aussi nous aider à comprendre des phénomènes biologiques plus généraux : sélection, histoire naturelle, origines, comportements, intelligence animale...) et même sur l'être humain (conscience, vie en groupe, déplacement de population, santé...). Les autres sciences ne sont pas forcément en reste, si les physiciens et les mathématiciens sont plus chanceux que les biologistes du point de vue de la longévité de leurs objets d'étude, les sociologues doivent par contre espérer que les communautés (générations, ethnies, pays...) qu'ils étudient ne disparaissent pas trop vite, les linguistes n'ont plus que leurs yeux pour pleurer quand des dizaines de dialectes disparaissent définitivement sans laisser d'enregistrements sonores ou d'écrits, et les climatologues sont très au fait des changements perpétuels du climat au cours des millénaires.

Ensuite, au niveau des preuves tangibles en elles-mêmes, il existe là encore de nombreuses entités dont l'existence est unique, proprement « miraculeuse » pour un scientifique, et dont la perte impliquerait une perte de connaissance irréversible une fois encore. Les historiens et les paléontologues sont probablement les plus concernés par cette situation. Lorsqu'un animal meurt, son cadavre se décompose très vite sous l'action des microbes ainsi que des charognards. Par conséquent, en quelques années, il ne reste plus que les os, qui eux-mêmes finissent par se détériorer, cette fois sous l'action de l'érosion et d'autres réactions chimiques. Dans des conditions particulières, les os peuvent se « transformer » en pierre, devenant des fossiles, mais ces conditions sont particulièrement rares : pour un individu fossilisé, des millions d'autres ne le sont pas. Cette proportion est d'autant plus faible quand l'individu appartient à une espèce qui ne vit pas dans un milieu propice à la fossilisation (deltas, vallées fluviales...). Si on ajoute à cela le fait que la tectonique des plaques a fait disparaître ou enfouir beaucoup de fossiles pendant des millions d'années, et que l'on ajoute également le fait que des humains ont pu détruire par inadvertance des fossiles au fil du temps, tout ce qui arrive à portée d'un paléontologue est un véritable miracle scientifique. Les paléontologues auraient ainsi pu être à deux doigts de passer à côté de l'existence du brachiosaure ou du ptérodactyle. Si demain, les muséums d'histoire naturelle étaient tous détruits à coup de bombes nucléaires, nous serions alors les derniers à pouvoir être au courant de l'existence de telles espèces. Ce qui est vrai en paléontologie est vrai aussi en Histoire humaine, étant donné que les sites archéologiques sont également vulnérables. De nombreux phénomènes de société peuvent détruire des preuves archéologiques précieuses : politique d'urbanisme (depuis l'Antiquité, de nombreuses villes ont changé de visage par la volonté des dirigeants : Rome, Gizeh, Pékin...), les guerres (bombardements comme celui de Dresde en 1945, mises à sacs comme celle de la bibliothèque de Bagdad par les mongols...), la superstition (statues mésopotamiennes détruites par les fondamentalistes religieux, carapaces de tortues manuscrites broyées pour la médecine traditionnelle chinoise...), les pillages (tombes égyptiennes, vols de tableaux...), les aléas naturels (incendies, séismes, inondations...) et tant d'autres facteurs dont on va reparler. On pourrait continuer d'élaborer de long en large la liste de tous ce qui a disparu et ne pourra jamais refaire surface une seconde fois : œuvres d'Art plus ou moins éphémères (œuvres de Cristo, palais de glace...), événements particuliers (expositions universelles, jeux olympiques...), « lost media » (émissions radios non enregistrées, films perdus, jeux vidéo non réédités et techniquement obsolètes...), paysages naturels disparus...

Certaines connaissances sont difficiles à recréer

Nous venons de voir que certaines connaissances portent sur des entités uniques, ou sur des phénomènes uniques, non reproductibles, éphémères, donc que toute trace de ces entités est d'autant plus précieuse qu'il n'y aura plus jamais l'opportunité de pouvoir les étudier à nouveau à l'avenir. Nos connaissances les plus spécifiques, celles qui portent sur des objets particuliers (espèces vivantes, individus, civilisations, époques, œuvres d'art, événements historiques...) sont celles qui sont les plus à risque d'être perdues à jamais si toute mémoire de ces connaissances venait à s'éteindre.

Mais il y a aussi un autre cas de figure important, celui des connaissances qui sont théoriquement reproductibles par les générations futures, mais qui sont dans la pratique très difficiles à redécouvrir en cas d'amnésie généralisée. En Science, le nombre de données d'entrée est un facteur important pour la précision d'un résultat. Les statistiques nous enseignent que dans l'étude d'un échantillon d'une population donnée (humains, artefacts, animaux...), plus l'échantillon est grand, plus les conclusions que l'on peut tirer de cet échantillon sont fiables (sous réserve d'une bonne représentativité aussi). Ce fait peut être généralisé : pour une catégorie d'objets étudiés (famille d'espèce, régimes politiques, type de personnalités, zones géographiques...), plus on aura connaissance des spécificités de chaque particulier au sein de cette catégorie, plus les généralités que l'on pourra tirer sur la catégorie seront fiables. Ce constat se traduit de manière concrète dans de nombreuses disciplines, puisqu'il est arrivé à de nombreuses reprises que la découverte de phénomènes particuliers, non prévus par une théorie, obligent les scientifiques à ajuster cette théorie, voire à en recréer une nouvelle, plus prédictive et plus inclusive. Par exemple, l'étude de la langue des Pirahã, dont certaines caractéristiques sont totalement singulières (absence de récursion, pas de mots abstraits pour les couleurs, nombre très restreint de phonèmes...) ont fait planer un doute sur la validité des thèses principales de la linguistique chomskienne moderne, c'est-à-dire sur les lois « universelles » de la langue. Sans la découverte du Pirahã, il n'aurait peut-être pas été impossible, mais tout de même plus difficile de comprendre le fonctionnement profond de la langue. Il en est de même dans d'autres domaines : tant qu'il y a des espèces vivantes sur Terre, il reste possible d'élaborer des lois et des hypothèses sur l'ensemble du vivant, mais l'on comprend bien que les singularités de certaines formes de vivant sont utiles pour limiter les généralisations abusives et donc les théories scientifiques trop réductrices. De même, plus un historien pourra accumuler de témoignages sur le passé, plus il sera en mesure de décrire une époque plus contemporaine, tandis que plus un anthropologue aura connaissance de faits sociaux particuliers, plus les conclusions générales qu'il pourra tirer sur l'être humain auront des chances d'être valides et indépendantes des biais ethnocentriques. La perte d'une culture ne signifie pas seulement la perte d'un sujet d'étude potentiellement intéressant, mais aussi le risque de propagation de certaines croyances erronées sur ce qui est véritablement universel ou non (valeurs, coutumes, règles esthétiques, traditions culinaires...). D'ailleurs, la préservation de la mémoire des faits sociaux va aussi de pair avec la préservation de la mémoire des erreurs passées et de leurs causes.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que la connaissance est une activité très chronophage. Il y a des millénaires, les grecs ne savaient pas beaucoup de chose sur notre Univers : la Terre était plate ou ronde, elle était au centre du monde, il y avait trois continents (Europe, Asie, Afrique), l'atome était un concept vague et spéculatif, les choses avaient une essence éternelle ainsi que quelques propriétés transitoires et la Terre était considérée comme jeune et statique. Il a fallu des siècles pour qu'apparaissent successivement la théorie héliocentrique de Copernic, les lois de la Gravitation de Newton, la théorie de l'évolution de Lamarck, les lois de l'électromagnétisme de Maxwell, la sélection naturelle de Darwin, l'axiomatisation des mathématiques, la relativité restreinte puis générale d'Einstein, la tectonique des plaques, la physique quantique etc. Toute cette évolution des connaissances n'a pas été sans obstacles (superstition religieuse, méthodologies rudimentaires, restrictions budgétaires...). D'ailleurs, certaines théories ont pu progresser aussi indirectement grâce à la technologie, notamment l'informatique, sans laquelle certaines découvertes n'auraient jamais été

possibles (par exemple, démonstration du théorème des quatre couleurs en mathématique). Tous cela pour dire qu'en cas d'amnésie générale, ces théories pourraient très bien réapparaître des générations plus tard, mais la sauvegarde de ces théories ferait gagner beaucoup de temps à nos descendants. Le travail des futurs scientifiques et philosophes serait grandement facilité si toutes nos connaissances, mêmes celles qui portent sur des choses qui seront toujours là dans des millions d'années (les étoiles, les planètes, les particules, les bactéries, les mathématiques...) étaient à l'abri. On comprend dès lors la nécessité de sauvegarder tout ce qui peut l'être, une fois que l'on réalise que les générations futures pourraient passer à côté de découvertes cruciales parce qu'ils ne vivent pas à la bonne époque ou parce qu'ils perdent du temps à redécouvrir les lois de la nature. Cela ne sera pas seulement parce que des espèces ou des peuples seront éteints d'ici là, mais aussi parce qu'ils n'auront peut-être pas les mêmes conditions propices que nous pour poursuivre la quête du savoir. Pour toutes ces raisons invoquées, le caractère fastidieux de la recherche et le caractère temporaire des objets de cette recherche, il apparaît crucial de créer une mémoire de toutes nos connaissances, des plus spécifiques aux plus universelles, des plus triviales aux plus complexes, des plus fondamentales aux plus tertiaires, des plus décrites aux plus admises. C'est ce qu'on appelle une mémoire épistémique.

La connaissance est devenue la colonne vertébrale de notre civilisation

La connaissance peut être considérée comme un patrimoine, un objet de richesse intellectuelle devant être préservé au même titre que n'importe quel autre type de patrimoine (naturel ou culturel). Mais dans notre société contemporaine, la connaissance, ou en réalité plutôt, l'information, peut désormais également être considérée comme du « capital intellectuel », qui ne revêt pas seulement une importance culturelle ou épistémique, mais aussi une importance économique et pragmatique. En effet, avec l'évolution parallèle des découvertes scientifiques et des innovations techniques, plusieurs phénomènes inédits ont fait entrer l'Humanité dans l'ère de l'information.

Tout d'abord, constatons la croissance exponentielle des connaissances accumulées par les savants de tous horizons et de toutes disciplines. Cela s'est accompagné par l'explosion du nombre de diplômés, des organismes de recherche ou encore des publications scientifiques, particulièrement dans la seconde moitié du 20^e siècle et la première moitié du 21^e siècle. Ce phénomène de multiplication des savoirs s'est accompagné d'une autre croissance tout aussi exponentielle, celle des banques de stockage d'information : les bibliothèques se sont multipliées, les supports électroniques puis numériques (bandes magnétiques, microfilms, vinyles, CD, serveurs informatiques ...) ont pris le relais à grande vitesse, tandis que la quantité d'information augmentait au même rythme. Mais ce n'est pas seulement le nombre de supports de stockage qui a explosé, c'est aussi la capacité individuelle de stockage de tous ces supports qui s'est améliorée de plus en plus rapidement. Des inventions comme l'imprimerie ou comme les rotatives préfiguraient déjà ce phénomène avant le 20^e siècle, permettant d'ailleurs la naissance des médias de masse. Mais c'est surtout dans le courant des années 1960s et 1970s que l'invention du transistor va amener dans son sillage une série d'innovations majeures qui vont tout chambouler : les technologies de l'information et de la communication (dites TIC). Ces technologies incluent le micro-ordinateur, les protocoles de communications inter-ordinateur (TCP/IP), les capteurs numériques (CCD...), les langages informatiques modernes (UNIX, html...), les « Compact-Disc » (CD et dérivés, le DVD, le CD-ROM...), les systèmes d'exploitation, Internet (ce qui inclut aussi moteurs de recherche, navigateurs, réseaux sociaux, streaming...), le téléphone portable (dont le smartphone) ainsi que les bases de la télécommunication moderne (wifi, ADSL, fibre optique,

satellite...). Ces avancées n'ont pas seulement permis de palier aux limitations en termes de capacité de stockage des supports d'information classiques (documentation écrite et analogique, jusqu'ici stockées dans des bibliothèques et des archives spécialisées), mais aussi de faciliter la diffusion et le traitement des informations stockées à travers le monde : la création d'un grand réseau interconnecté mondial de satellites, de serveurs et d'ordinateurs (la définition même d'Internet) a généralisé l'accès à la littérature scientifique, aux publications journalistiques et à toutes sortes d'informations utiles pour le quotidien (météo, actualités, horaires, services administratifs ...). Au-delà de l'impact que cela a pu avoir sur le monde de la recherche (il est soudainement devenu plus facile de publier ou de retrouver une publication scientifique préexistante) et dans le quotidien (notre vie est basée sur l'information : blogs, vidéos, chats, bureautique, messages, news, compétences, formulaires, encyclopédies...), les TIC ont eu un impact majeur sur les fondements structurels mêmes de notre société. L'accessibilité accrue aux informations a donné lieu à de nouveaux enjeux sociaux : mésinformation en période de campagne électorale, dépendance aux réseaux sociaux, demande de personnel qualifié dans les entreprises, automatisation des tâches par l'Intelligence Artificielle, gestion plus appropriée de l'énergie par les smart grids, fracture numérique conduisant à de nouvelles inégalités, lancement d'alertes, vulgarisation scientifique ainsi que place accrue de l'esprit critique, des logiciels ou encore de la télécommunication en entreprise.

La connaissance a bien sûr toujours joué un rôle indirect dans la société, facilitant les innovations et la vie pratique. Mais jusqu'à l'aube de l'ère de l'information, la connaissance était surtout un objectif en soi, la connaissance avait une fonction purement épistémique, celle de tenter d'assouvir notre curiosité intellectuelle et notre besoin de plénitude. Cela reste à vrai dire toujours sa mission principale. La connaissance n'était mise à contribution que ponctuellement, le plus souvent en politique, en navigation, en agronomie, en médecine et en artisanat. Désormais, la connaissance est une ressource comme une autre, un carburant de la société, des entreprises, des états, des institutions et de toute forme d'organisation humaine. Notre société repose désormais sur la connaissance, l'information, la donnée, à tel point qu'il existe des champs d'étude consacrés uniquement aux problématiques de l'information dans le domaine de l'entreprise : la gestion de la connaissance. Celle-ci porte à la fois sur la qualité des connaissances (de la donnée brute à la compétence en passant par l'information ou par la connaissance proprement dite), sur les stratégies de passage d'une forme à une autre de connaissance (connaissances tacites et explicites), sur le partage ainsi que le transfert de la connaissance (apprentissage, bases de données, recherche, logiciels...), le management (collaboration, motivation, directions générales...) ou encore l'ingénierie de la connaissance (méthodes de collecte, de structuration, d'exploitation, de contrôle qualité...). On parle de « société de l'information », de « société de la connaissance » ou encore d'une « ère de l'information » pour qualifier cette importance inédite que la connaissance a prise dans notre monde contemporain. A noter que l'on parle ici indifféremment de connaissance et d'information au sens large (une donnée brute est déjà économiquement précieuse, même lorsqu'elle n'a pas encore été traitée pour devenir une information exploitable).

La préservation est une étape de la gestion de connaissance

Au vu du caractère désormais indispensable de la connaissance pour le fonctionnement de nos sociétés contemporaines, la préservation de celle-ci n'est donc plus seulement une question de sauvegarde du patrimoine mais aussi de survie pour la civilisation. La conservation des connaissances ne répond plus seulement à un enjeu épistémique, celui d'aider les générations futures à améliorer leur

compréhension de la Réalité, mais également à un enjeu social, celui d'aider les générations futures à créer une société toujours plus prospère. Cette prospérité n'est possible que si l'on s'assure qu'aucun couac ne mène à la suppression soudaine et irréversible d'une quantité massive d'informations. La gestion de la connaissance est d'ailleurs une discipline qui étudie (entre autres) la question du stockage de la connaissance. Dans nos systèmes économiques modernes, la préservation est étroitement liée au partage de la connaissance, dans la mesure où le choix des méthodes de partage d'information a son importance dans la sauvegarde de celle-ci : l'apprentissage permet par exemple de maintenir une compétence (une forme de connaissance particulière : un savoir-faire), au sein d'un organisme, notamment en cas de départ d'un des membres. Une entreprise, une institution publique ou encore une association peuvent ainsi conserver leur fonctionnement malgré une disparition potentielle de connaissance par le turnover. De fait, on peut considérer que d'une certaine façon, la gestion des connaissances au sein d'une organisation est une forme de préservation, dans la mesure où les connaissances capitalisées « survivent » aux divers aléas pouvant survenir au sein de l'organisation. Cette culture de la préservation qui ne dit pas son nom se reflète d'ailleurs aussi dans des termes comme « capital intellectuel » ou « patrimoine économique », qui brouillent la frontière entre monde épistémique et monde économique. Nos modes d'organisations contemporain pourraient ainsi paver la voie à des projets de mémoire encore plus ambitieux.

De même, les outils de diffusion, malgré leur caractère volatile de prime abord, constituent aussi indirectement des méthodes de capitalisation et de préservation de connaissance : un réseau social par exemple, permet de stocker un message *ad vitam aeternam* sur un serveur informatique quelque part à l'autre bout du monde, et tant que ce message est partagé et sauvegardé par les utilisateurs du réseau, il est très difficile à supprimer définitivement. C'est d'ailleurs un des paradoxes d'Internet : toute information peut être amenée à se noyer dans la masse, donc devenir si difficile d'accès que c'est comme si avait disparu. Mais comme la duplication de l'information est monnaie courante sur Internet, la suppression définitive de celle-ci n'est pas vraiment un jeu d'enfant non plus. Bien sûr, les problématiques de conservation ne sont pas seulement liées à celles de la transmission, mais aussi à celles de la méthode de stockage ainsi qu'à la longévité des outils de stockage en eux-mêmes. Pourtant, c'est une problématique moins centrale en gestion des connaissances alors qu'elle est pourtant fondamentale : la qualité du support d'information conditionne évidemment notre capacité de préservation de cette information. D'ailleurs, notre monde d'information dépend beaucoup trop de technologies dont la durée de vie est très limitée, les supports électroniques peuvent fonctionner pendant quelques décennies au mieux, et les différents formats numériques peuvent devenir obsolètes en quelques années à peine, rendant de nombreuses informations illisibles, alors qu'elles existent paradoxalement toujours. Mettre en œuvre la préservation de toutes les connaissances, et donc constituer une véritable mémoire épistémique, c'est aussi chercher des solutions à l'obsolescence, ce qui implique notamment de mettre en place des supports d'information de secours.

I.2) PLUSIEURS MENACES PESENT SUR NOS CONNAISSANCES

Notre savoir est vulnérable aux phénomènes naturels

La connaissance est, on l'a vu, non seulement un patrimoine, mais aussi une ressource pour nos civilisations contemporaines. Toutes sortes d'obstacles ont existé et existent encore pouvant entraver la progression des connaissances, tels que le dogmatisme, la mésinformation, les biais cognitifs ou encore le concept de sens commun. Ces phénomènes de pensée ont surtout entravé le développement des sciences, mais une fois qu'une connaissance est « établie », ou même simplement formulée, sa conservation sur le long terme n'est pas totalement assurée. Les risques liés au comportement humain sont toujours présents, et par extension, les risques liés à la politique ou au fonctionnement même de la société. Ces risques peuvent prendre des formes variées tels que des conflits, des accidents industriels, de la censure, des pillages, du délaissement du patrimoine etc. Par-dessus tous ces dangers, trône également celui de la destruction involontaire de notre corpus de connaissance, que celle-ci soit ponctuelle (catastrophes naturelles ou technologiques...) ou durable (usure, corrosion, obsolescence...). En résumé, on trouve toutes sortes de risques qui peuvent représenter autant de raisons de préparer dès maintenant une mémoire épistémique en bonne et due forme. On peut classer ces risques en trois catégories principales : les risques naturels, les risques politiques et les risques industriels, que nous aborderons dans cet ordre.

En premier lieu, il faut rappeler que la connaissance peut être maintenue en étant « cristallisée » dans des supports matériels, qu'il s'agisse des preuves tangibles ou des publications que nous évoquions plus tôt. Sauf que bien entendu, ces supports sont vulnérables aux affres du temps, aux effets de l'entropie. L'usure mécanique, la corrosion, la démagnétisation, de nombreux phénomènes naturels sont capables de rendre inopérants tous nos supports électroniques de façon irréversible avec le temps. Le papier peut être dégradé par l'humidité, l'exposition à la lumière, les champignons et d'autres espèces biologiques. L'encre peut parfois même s'effacer avant que le papier ne se dégrade. Même la pierre peut subir les effets de l'entropie, via l'érosion, alors que les traces écrites les plus anciennes jamais retrouvées par les archéologues sont le plus souvent pourtant en granit, en marbre ou encore en argile. L'or, qui a la réputation d'être inoxydable, subit bel et bien les effets de la corrosion, mais seulement à un rythme beaucoup plus lent que les autres métaux. In fine donc, la copie est la seule garantie de préservation du savoir sur le long terme. La négligence ne peut pas être une option si l'on veut préserver nos connaissances le plus longtemps possible, particulièrement si celles-ci sont non-reproductibles. De nombreuses archives ont déjà disparues simplement par manque de moyens ou d'intérêt pour la préservation, qu'il s'agisse de films perdus, de logiciels obsolètes ou encore de bibliothèques laissées à l'abandon.

Mais il y a pire, nos connaissances ne sont pas seulement menacées par l'entropie, elles le sont également par d'autres phénomènes beaucoup plus soudains, quoique plus rares. Les incendies, les séismes, les inondations, les éruptions volcaniques, les tsunamis, les ouragans, les tornades, toutes ces catastrophes peuvent détruire en l'espace de quelques instants des villes entières, des bâtiments historiques, et bien sûr, elles peuvent raser nos lieux de mémoire les plus précieux : bibliothèques, musées, laboratoires, archives et autres institutions patrimoniales. Dans le pire des cas, et bien que cela soit plus improbable, certaines catastrophes totalement imprévisibles pourraient même avoir de

effets moins localisés et mener à la perte totale de notre civilisation (éruption d'un supervolcan, pandémie particulièrement virulente, chute d'astéroïde...). Si nos connaissances de la littérature grecque sont aussi parcellaires aujourd'hui, c'est parce qu'une grande partie de ce que les grecs ont écrit n'a pas survécu aux multiples incendies qui sont survenus dans les bibliothèques du monde grec, notamment celle de Pergame ainsi que celle d'Alexandrie, réputées pour avoir tenté de centraliser le plus de connaissances possibles dès cette époque. Certes, d'autres causes, humaines, ont parfois contribué aussi à ce genre de catastrophes (guerre, pyromanie, pillage...), mais le feu est un élément capricieux qui échappe vite à la main de l'Homme, et de nombreux incendies de bibliothèques, s'ils n'ont pas eu une origine complètement naturelle, ont souvent pu échapper à la volonté de ceux qui l'ont déclenché. Ce qu'il faut retenir, c'est que ce genre de phénomènes, complètement naturels ou non, sont le plus souvent accidentels, et donc, imprévisibles. Personne n'aurait pu imaginer il y a quelques années que Notre-Dame de Paris prendrait feu par exemple. Plus en amont dans le temps, personne n'avait prévu la catastrophe de l'inondation de la rivière Arno à Florence (1966), qui avait provoqué la perte de plusieurs milliers voire millions de livres anciens et uniques. Ce dernier évènement a d'ailleurs contribué à une meilleure prévention des risques dans les bibliothèques, musées et autres archives. Le fait qu'une catastrophe puisse survenir n'importe où et à n'importe quel moment devrait nous alerter sur le caractère vulnérable de nos savoirs.

Si moins d'1% des écrits des grecs anciens nous sont parvenus aujourd'hui, il n'est pas interdit de penser que dans quelques millénaires, nos descendants n'auront peut-être accès qu'à 1% de la littérature produite par notre civilisation industrielle moderne. Autant faire en sorte que ce 1% soit le plus représentatif possible de notre savoir, et faire en sorte que les 99% restant ne soient constitués que de duplicata, ou de connaissances reproductibles dont la perte n'est pas complètement irréversible. Nos archives gagneraient à exister en de multiples exemplaires, à conserver les mêmes informations sur des supports différents, et à être réparties équitablement sur la planète (voir au-delà ?), si possible dans des lieux qui sont moins susceptibles d'être touchés par des catastrophes naturelles (loin des climats secs et chaud, éloigné des failles sismiques, des côtes, des zones inondables ou encore des voies de passage classiques des tempêtes). Quant au patrimoine architectural, qui est inamovible et difficile à dupliquer, il peut être préservé sur le long terme par la mise en mémoire d'un descriptif très précis des lieux, agrémentée de représentations du monument qui soient les plus fidèles possibles (modèles 3D, photographies, cartes...). De nombreux monuments n'existent aujourd'hui plus que de cette manière, par les témoignages de leurs contemporains, permettant par chance une forme de préservation, même si incomplète : le colosse de Rhode a été détruit suite à un séisme, mais la connaissance de ce monument nous est tout de même parvenue grâce aux écrits des Anciens, qui le considéraient comme une merveille mondiale, et de nombreuses tentatives de reconstitution ont été tentées grâce à cela.

La connaissance peut être muselée par un pouvoir

Il n'y a pas que la nature qui peut être une menace contre notre connaissance. Il ne faut pas non plus sous-estimer le fait que l'Homme est un loup pour l'Homme, qu'il peut donc se mettre des bâtons dans les roues tout seul quand il en a l'occasion. Le dogmatisme, le plus grand adversaire de la connaissance rationnelle, est un facteur important de l'évolution des Sciences, puisqu'elle peut non seulement mener à la censure et donc l'oubli, mais aussi tuer dans l'œuf des connaissances nouvelles. La communauté scientifique est parfois passée entre les mailles du filet mais cela n'a pas toujours été possible. Si ce dogmatisme est appuyé par un pouvoir politique, la recherche peut être considérablement entravée

(restrictions budgétaires, mises à pied du personnel scientifique, mésinformation...) tandis que certaines connaissances bien établies (ou a minima, des hypothèses prometteuses) peuvent être rendues inaccessibles du jour au lendemain. Pour un gouvernement en place, il existe plusieurs méthodes plus ou moins radicales pour éradiquer une connaissance :

La première méthode est celle de l'appropriation exclusive par une élite. Par exemple, un pouvoir politique peut empêcher la diffusion des connaissances auprès d'un public assez large, rendre très coûteux l'accès à des publications scientifiques, ou tout simplement ne pas vouloir investir dans l'éducation. Dans ce genre de situation, certains peuvent avoir accès à toutes sortes de connaissances, y compris parfois des connaissances taboues, mais seulement un nombre restreint de personnes. Certaines connaissances deviennent ainsi plus difficiles à faire avancer ou challenger, faute de gens pour s'y pencher, ce qui peut créer une stagnation. Il existe bien quelques rares situations légitimes où la connaissance ne peut être facilement accessible, en l'occurrence, tout ce qui touche à des technologies sensibles (nucléaire, défense, spatial, cryptographie...) ou encore à la vie privée des personnes (secret médical, données numériques personnelles...). Et encore, il s'agit de situations dans lesquelles il y a relativement peu de risques que les connaissances en question disparaissent d'un claquement de doigt en raison des moyens investis. Car il s'agit bien du cœur du problème avec l'appropriation : le risque que des connaissances disparaissent est d'autant plus élevé que les accès possibles sont faibles. Au cours de l'Histoire, les raisons qui poussent un pays à cacher des connaissances ont souvent été considérées comme discutables : empêcher les plus démunis de connaître certains faits de société afin d'éviter la révolte, museler l'opposition politique, ou encore promouvoir une religion ou une pseudo-science officielle. Par exemple, on peut penser à la situation des noirs vivant dans le Sud des Etats Unis (avant les années 1960s) ou en Afrique du Sud (avant les années 1990s), qui n'avaient pas le droit d'accéder à de nombreuses bibliothèques et musées, alors réservés à une élite dite « caucasienne ». Aussi le niveau d'éducation était beaucoup plus faible au sein d'une partie de la population américaine et sud-africaine tandis que la communauté scientifique de ces pays se privait d'une importante ressource humaine.

La seconde méthode est celle de la censure. Celle-ci est un cran plus dangereuse que la première, car dans le cas d'une appropriation sélective par une élite, la connaissance existe toujours et peut théoriquement toujours de nouveau être diffusée, moyennant un bouleversement social majeur. Mais avec la censure, c'est au contraire le spectre de la perte irréversible de la connaissance qui se profile. Censurer, ce n'est pas seulement empêcher la moindre contradiction, le moindre débat, la moindre argumentation. Censurer, c'est aussi détruire des connaissances existantes. Dans le meilleur des cas, quand un ouvrage est censuré, l'original est encore stocké au fin fond d'une archive interdite d'accès au public (ce qui nous ramène à la 1^{ère} méthode), dans le pire des cas, elle n'est plus disponible que sous sa forme altérée, sans possibilité de reconstituer l'ouvrage d'origine. A titre d'exemple, on a des preuves archéologiques que les pharaons égyptiens ordonnaient parfois la destruction de certaines gravures dans les bas-reliefs relatant les exploits de leurs prédécesseurs -qui étaient aussi leurs rivaux- pour la remplacer par leur propre propagande. Que l'œuvre concernée soit artistique, scientifique ou autre, la censure peut provoquer une perte irréversible d'information pour les générations futures, et même quand l'œuvre originale existe encore, elle peut ne plus qu'exister à travers un petit nombre de copies, ce qui diminue sensiblement sa longévité potentielle.

La troisième méthode, encore plus violente que la seconde, c'est la suppression pure et simple. Il ne s'agit plus de rendre une information inaccessible ou partielle, mais de la détruire entièrement, avec tout ce qu'elle pouvait comporter de précieux et d'unique. Il s'agit notamment des autodafés, les incendies volontaires à grande échelle de textes par un pouvoir en place, dans le but de « préserver » une population, d'idées perçues comme dangereuses. On peut penser aux conquistadores espagnols

au 16^e siècle, qui ont ordonné la destruction de tous les écrits méso-américains (mayas, aztèques...) pour que la Bible devienne d'autant plus incontournable chez les amérindiens, devenus sujets de la couronne espagnole et convertis au catholicisme. Résultat : nous n'avons aujourd'hui pu conserver qu'une dizaine de codex aztèques, ce qui ne nous donne qu'un aperçu très limité de l'étendue des idées, du fonctionnement et du savoir-faire de cette civilisation. On peut naturellement penser aussi aux régimes fascistes du XX^e siècle, qui ordonnaient que l'on brûle les livres dès qu'ils étaient écrits par des juifs, des pacifistes ou des socialistes (même non avérés). Bien sûr des « autodafés » peuvent aussi concerner d'autres supports, y compris numériques.

Les motivations derrière ces attaques envers la connaissance sont très variées. Bien entendu la raison la plus répandue est souvent un conflit entre les découvertes scientifiques nouvelles d'un côté et l'idéologie dominante de l'autre : mise à l'index des œuvres de Galilée par l'Eglise (héliocentrisme contre géocentrisme), interdiction de la sélection naturelle par l'Union Soviétique durant la période stalinienne (sciences « bourgeoises » contre sciences « prolétariennes »), rejet de l'idée du réchauffement climatique (climatologie contre climato-scepticisme), restriction de la sociologie dans les régimes autoritaires etc. A cela s'ajoute aussi d'autres motivations tels que les restrictions budgétaires, la dépendance à l'espionnage industriel, ou encore l'indifférence, voire le mépris des pouvoirs publics à l'égard de certaines sciences. Sans compter les cas où la suppression de notre patrimoine n'est même pas vraiment volontaire, mais résulte simplement des destructions collatérales engendrées par une guerre entre plusieurs belligérants (bombardements, pillages, incendies...).

Les dérives autoritaires sont plus probables que jamais

Jusqu'à récemment, la civilisation occidentale vivait une relative période d'accalmie depuis la fin de la seconde guerre mondiale : l'ensemble des pays occidentaux étaient des démocraties, il y a eu peu de guerres en 80 ans, les révolutions armées étaient rarissimes, et les formations politiques au pouvoir changeaient constamment au fil des années. Pour autant, il ne faut pas croire que les libertés individuelles, y compris celle de tout à chacun d'accéder à la connaissance et à la culture, sont garanties sous prétexte que nos régimes démocratiques sont stables et observent relativement bien les droits de l'Homme. En effet, de nombreux facteurs peuvent contribuer à la montée de l'autoritarisme dans les démocraties mêmes stables, et ce à plus ou moins court terme : multiplication des crises économiques, polarisation de la vie politique, repli sur soi et isolationnisme, nationalisme, démagogie, séparation de moins en moins nette des pouvoirs (c'est-à-dire exécutif, législatif, judiciaire, voire médiatique), monopoles des grands médias, hiérarchie verticale des partis politiques, bellicisme, diffusion de fausses informations ainsi que de théories pseudo-scientifiques (médecines alternatives, Terre plate, créationnisme, climato-scepticisme, théories du complot...) etc. Cette conjonction de facteurs est tout à fait en mesure de mener à des dérives autoritaires, donc de transformer les régimes démocratiques en régimes autoritaires, et ce suffisamment vite pour que le pouvoir mette en danger la communauté scientifique ainsi que les connaissances établies, mais suffisamment lentement pour que le grand public ne perçoive pas le danger immédiatement et s'accommode même de la situation. Les exemples historiques de transitions de démocraties (ou de démocraties partielles) en régimes autoritaires sont légions (Hongrie contemporaine, Russie post-soviétique, République de Weimar, 2^e république française...), et ce genre de phénomènes pourraient se multiplier à l'avenir si l'on ne prend pas suffisamment de précaution maintenant (indépendance du conseil constitutionnel ou d'institutions équivalentes, protection des lanceurs d'alerte, multiplication des sources d'informations, éducation à l'esprit critique, devoir de mémoire, garanties d'élections libres, référendums plus réguliers et

participation du peuple aux décisions politiques majeures...). La protection de nos connaissances de la censure ainsi que de la destruction à grande échelle, c'est là l'un des enjeux les plus importants de la protection de la démocratie, en plus de tout le reste (oppression, meurtre, corruption, obstruction à la culture, conformisme...). Et la mémoire épistémique est la meilleure garantie de la survie de nos connaissances en cas d'échec.

Bien sûr, nous avons évoqué le cas des démocraties occidentales, puisque cet ouvrage a été écrit dans l'une d'entre elles, mais de nombreux pays sur cette Terre sont déjà des régimes autoritaires, voire parfois même totalitaires (Corée du Nord, Chine) ou théocratiques (Iran, Arabie Saoudite), dans lesquels la censure est omniprésente et la Science ne progresse que dans les domaines dans lesquels les retombées pour les nations sont évidentes (physique nucléaire, informatique, chirurgie, IA, chimie...). Par exemple, le gouvernement chinois pratique fortement la censure, si bien qu'aucune pensée alternative contredisant l'idéologie d'Etat officielle (socialisme de marché) n'est possible, ainsi que plus globalement l'image du pays et du gouvernement. Ainsi, lors de l'épidémie du coronavirus de 2020, le gouvernement chinois avait initialement décidé de faire taire des scientifiques qui commençaient à alerter sur un risque d'épidémie. La pratique de la sociologie et de la philosophie politique est évidemment compliquée puisque les conclusions de celles-ci peuvent parfois heurter les idées du régime chinois. Et les internautes chinois ne sont pas en mesure de chercher toutes les informations possibles et imaginables sur les événements de Tiananmen en 1989 ou encore sur la situation des Ouïghours et des Tibétains au 21^e siècle. De même, dans les théocraties comme l'Iran, même si ce n'est pas une idéologie officielle mais une religion qui domine la vie politique, le fonctionnement de la censure est le même, et on retrouve les mêmes difficultés pour les scientifiques et les philosophes de pouvoir réfléchir sur le monde en toute quiétude, sans heurter les préceptes coraniques perçus comme inaltérables (par exemple, des positions comme la sélection naturelle ou comme le caractère naturel et non-pathologique de l'homosexualité sont difficiles à défendre, face à des dogmes religieux considérés comme sacrés, donc impossible à remettre en cause par définition). Ainsi, l'autoritarisme peut entraver le développement des connaissances, surtout lorsqu'il s'accompagne d'un mode de pensée unique : agenda politique (extrémismes et fondamentalismes), textes sacrés (Bible, Védas, Coran ...), idéologie officielle (communisme, nationalisme, capitalisme, fascisme ...), ou même théories pseudo-scientifiques recevant l'aval de l'Etat. Dans ce dernier cas, on peut penser à l'Allemagne Nazie, dans laquelle l'Histoire, la génétique et la linguistique ont été détricotées de leurs éléments scientifiques pour être détournées afin d'alimenter et justifier des thèses nationalistes et révisionnistes des nazis : théorie des races humaines, supériorité des peuples germaniques, besoin d'espace vital etc.

A tout ceci, il faut aussi ajouter un autre risque politique majeur, qui est d'ailleurs corrélé avec celui de la dérive autoritaire : le conflit. L'autoritarisme, c'est une situation qui a l'inconvénient de mener à l'instabilité, interne et externe. Interne parce que dans les régimes autoritaires, il existe toujours un risque non négligeable de coup d'états et de révolutions violentes, notamment si le pouvoir en place est incompetent et ne parvient pas à obtenir les faveurs d'une élite (économique, militaire ou religieuse), indispensable à la stabilité du pays. Externe parce que les régimes autoritaires sont plus bellicistes que les régimes démocratiques et ont tendance à favoriser la priorité nationale, quitte à mettre en danger des traités internationaux et à s'appropriier les ressources de leurs voisins. Le risque de guerre, interne ou externe, peut évidemment favoriser encore davantage la perte irréversible des connaissances, cette fois-ci par la destruction plus ou moins involontaire du patrimoine lors des campagnes militaires ou lors des pillages, en plus de provoquer la fuite ou la mort des intellectuels et de tous ceux qui pouvaient faire progresser la recherche. Les exemples de guerres ne manquent pas dans l'Histoire, avec pour conséquence la destruction d'un patrimoine qui aurait pu faire avancer des domaines comme l'archéologie ou l'ethnologie (Guerre du Vietnam, Guerre en Iraq, Guerre civile

syrienne, guerre civile Chinoise...). Dans les cas extrêmes, des pays peuvent se mettre une balle dans le pied en provoquant un génocide, annihilant une bonne partie de ses intellectuels (ce fut le cas lors du génocide cambodgien dans les années 1970s, expressément dirigé à l'époque contre les plus lettrés).

Du fait des multiples menaces que posent les dérives autoritaires pour les Sciences, on peut facilement arriver à la réalisation qu'il n'est pas nécessaire d'attendre la fin du monde pour que nos connaissances soient sérieusement menacées. Même si notre civilisation parvient à subsister encore quelques siècles malgré toutes sortes de risques existentiels, il n'est pas dit que nos descendants pourront continuer accéder à tous ce que nous savons aujourd'hui, si des pouvoirs politiques peu scrupuleux se mettent en place entre temps. Au cours des décennies des 2010s et 2020s, de nombreux lanceurs d'alerte constatent que les menaces de dérives autoritaires se multiplient dans les régimes démocratiques ou hybrides à travers le monde. En conséquence, on constate d'ores et déjà que la communauté scientifique est de plus en plus souvent attaquée dans les médias et sur les réseaux sociaux (tandis que les fake news s'y propagent), qu'il y a un désinvestissement massif dans certains champs prometteurs des sciences (médecine, climatologie, études de genre etc.) et que les dirigeants politiques ont de plus en plus les moyens « d'annuler » la recherche scientifique, parfois au profit de nouveaux dogmes (théories du complot, ultranationalismes, pseudo-thérapies...). A cela s'ajoute la perspective d'une 3^{ème} Guerre Mondiale, qui n'a jamais été autant d'actualité qu'au XXI^e siècle, avec la multiplication des conflits (Ukraine, Gaza, Yémen, Soudan...) et des tensions entre puissances rivales (Chine, Etats-Unis, Russie, Union Européenne, Inde, Pakistan, Israël, Iran etc.). La nécessité de créer des back-ups pour nos connaissances (et par extension, tout le patrimoine culturel de nos civilisations contemporaines) devient beaucoup plus pressante à mesure que le climat politique global se détériore. Il ne s'agit plus simplement de préserver notre patrimoine des catastrophes ponctuelles.

La sauvegarde des connaissances, c'est aussi la sauvegarde des erreurs du passé

Nos connaissances comme on l'a vu, peuvent être une source de pouvoir considérable, notamment lorsque celle-ci est exclusivement réservée aux plus puissants de ce monde, tout comme elles peuvent être perçues, à tort ou à raison, comme des grains de sables dans la mécanique si bien huilée du pouvoir. Certaines connaissances peuvent chatouiller l'ordre établi dès lors qu'elles portent sur le fonctionnement d'une économie, d'une société ou même de la nature. Il arrive fréquemment qu'une politique mise en œuvre a des effets indésirés ou négligés pour ceux qui l'ont mis en place, parfois même lorsqu'il y a eu mise en garde par des spécialistes bien formés. Il arrive aussi souvent que les connaissances entrent en contradiction avec certains narratifs défendus bête et ongle par le pouvoir en place, qu'il s'agisse de romans nationaux, de récits fondateurs, de mythes et de légendes. Pour peu que ces croyances soient sacrées ou officielles, elles sont difficiles à déboulonner de leur piédestal, et la communauté scientifique en a souvent fait les frais au cours du temps.

Mais les grandes erreurs de l'histoire humaine, ce ne sont pas que des errements épistémiques ou des conflits entre rationalité et idéologie. L'histoire regorge aussi de moments où l'humanité a commis les pires tragédies possibles, indépendamment des idéologies en place. Ces tragédies portent des formes variées : ce sont entre autres les guerres, les génocides, les extinctions d'espèces, l'emballement climatique, la torture, l'exploitation et l'esclavage. Ces événements ont tendance à apparaître régulièrement un peu partout sur le globe, et s'ils sont souvent motivés par l'ignorance ou par

l'idéologie, le cœur du problème ne tient pas tant au fait que ces événements ont été commis au non d'une forme d'irrationalité, qu'au fait que les conséquences de ces événements ont été traumatiques pour une bonne partie de l'humanité. Ces événements sont tellement traumatiques que la connaissance de ses événements est considérée comme cruciale, pour que le monde ne reproduise plus les mêmes tragédies en boucle. Cette importance accordée à la connaissance spécifique des grandes erreurs de l'histoire humaine, c'est que on appelle le devoir de mémoire. Ce devoir permet, s'il est bien respecté, d'anticiper une potentielle nouvelle atrocité, et ainsi l'empêcher d'arriver. Seulement, ces événements n'arrangent souvent pas ceux qui en sont à l'origine, et constituent des tâches considérables dans les narratifs officiels : romans nationaux ponctués de meurtres de masse dans le pays concerné, croissance économique portée par l'exploitation des travailleurs et de l'environnement, massacres perpétrés au non d'une ou de plusieurs déités. Pour cette raison, ce devoir de mémoire est autant une nécessité qu'un danger : il existe bien des institutions qui veulent empêcher certaines connaissances majeures de se diffuser. L'Union Soviétique s'est donnée du mal pour cacher au monde l'existence des grandes famines des années 1930s (Holodomor), les multinationales s'appuient régulièrement sur des lobbies pour étouffer leurs exactions, tandis que les accusations de blasphème et le concept de guerre sainte permettent de contrer ceux qui dénonceraient les atrocités commises au nom d'une religion.

Certains pouvoirs ont donc tout intérêt à étouffer la mémoire de certains événements historiques majeurs. D'ailleurs, le devoir de mémoire n'implique pas seulement la diffusion de la connaissance des événements tragiques, mais aussi celle des théories explicatives qui permettent d'en identifier les causes profondes, qu'il s'agisse du modèle climatique pour prédire l'évolution du climat ou de la théorie de la banalité du mal pour modéliser la montée des totalitarismes. Le monde de la recherche en général peut donc être mise en danger également. Certaines connaissances sont donc précieuses pour le développement de l'humanité, et pas seulement parce qu'elles sont utiles ou parce qu'elles constituent un patrimoine en soi. Le corpus de connaissances scientifiques pris dans son ensemble, complété par la philosophie, sont probablement des remèdes indirects à certaines grandes atrocités commises par les civilisations, et leur oubli pourrait être avoir des conséquences funestes. La mémoire épistémique est donc aussi un moyen d'aider l'humanité à aller de l'avant.

Un effondrement de la civilisation signerait la fin de notre science

Nous nous sommes d'abord attardés sur les risques naturels (catastrophes, passage du temps...) qui pèsent sur le corpus de connaissances établies, avant d'insister sur les risques politiques (censure, restriction d'accès, mise à l'index, guerres...) pouvant aboutir au même résultat. Toutefois, il existe une catégorie de risques un peu à part qui méritent également notre attention : les risques industriels, c'est-à-dire les risques qui pèsent sur l'intégrité de nos civilisations industrielles contemporaines. Ces risques-là ont non seulement le potentiel de mener à la fin de la civilisation industrielle, mais aussi, par ricochet, à la destruction globale du patrimoine intellectuel accumulé jusqu'ici. Certes, il n'est nul besoin que la civilisation disparaisse totalement pour que notre patrimoine soit en danger, nous avons bien identifiés que les risques naturels et politiques sont à eux seuls déjà suffisamment préoccupants pour justifier la nécessité d'une mémoire épistémique. Sauf que d'une part, ces risques naturels et politiques se multiplient depuis quelques décennies, en raison de multiples facteurs qui ont une influence sur le déclin de nos civilisations (réchauffement climatique, raréfaction des ressources, emballement technologique, crise démographique, course aux armes de destruction massive...). Et

surtout, d'autre part, la chute de la société moderne n'est pas un risque à prendre à la légère, dans la mesure où nombreuses civilisations ont déjà disparu brutalement par le passé.

Les savoirs des grecs anciens ont déjà été détruit en grande partie avec les conquêtes romaines puis la christianisation de l'Empire romain. Il ne nous reste que peu d'exemplaires de textes mésoaméricains suite aux conquêtes espagnoles. Mais nous aurions pu aussi évoquer la civilisation de l'Indus, la société de l'île de Pâques, les Nazcas, le Grand Zimbabwe, la Mésopotamie, l'Égypte ancienne etc. Sans compter les nombreux peuples qui n'ont techniquement pas disparus, mais ont connu des périodes de transition brutales accompagnées d'une désurbanisation massive (Birmanie, Cambodge, pays Maya...) et d'une perte d'activité intellectuelle dans les cités. Durant ces phases de déclin, la connaissance acquise par ces civilisations s'efface avec le temps, faute d'entretien des archives et faute de main d'œuvre qualifiée, celle qui s'occupait de faire vivre le savoir auparavant. Seuls restent alors quelques supports triés sur le volet qui ont été copiés des milliers de fois au fil des générations (on pense aux moines copistes qui ont su conserver une partie de la littérature antique) ou les supports résistants (bas-reliefs, stèles, épitaphes...), véritables capsules temporelles de ces civilisations mortes.

Les circonstances de déclin sont souvent mal connues et/ou complexes, ce qui devrait nous rappeler que la disparition de notre propre société moderne est absolument imprévisible. Il n'est pas nécessaire de détailler tous les scénarios envisageables d'effondrement, mais nous pouvons nous attarder un peu sur ceux qui sont spécifiques à notre société contemporaine. Celle-ci est en effet une civilisation industrielle, une caractéristique inédite dans l'Histoire, ce qui implique des risques tout autant inédits. Alors que les aléas naturels (sécheresses, séismes, éruptions volcaniques...) et géopolitiques (conquêtes, nettoyages ethniques, colonisation, pillages...) étaient jusqu'ici les principaux moteurs d'allée et venues des civilisations, notre civilisation est en train d'affronter de nouveaux défis du fait de la multiplication des industries, d'une urbanisation massive et de technologies toujours plus puissantes (intelligence artificielle, transport aérien, machines agricoles...), avec tous ce que cela implique de consommation d'énergie et de matériaux, d'émission de particules, d'artificialisation des sols ou encore de radioactivité. Dans la mesure où ces risques sont récents, il est difficile de quantifier avec un haut degré de précision quand est-ce que notre civilisation prendra fin. Et si notre civilisation survit malgré tout aux challenges auxquels elle fait face, il n'est pas non plus possible de prédire quels seront les pots cassés de cette survie. La création d'un backup pour nos connaissances est donc d'autant plus pressante.

Bien entendu, l'effondrement de notre société contemporaine aurait des conséquences désastreuses sur l'être humain en tant qu'espèce. Sans parler d'une éventuelle extinction, les morts et la souffrance qui en résulteraient seraient incalculables. Mais les conséquences épistémiques et culturelles sont également très inquiétantes : la plupart de nos connaissances sont stockées dans des supports d'information qui ne peuvent être lus sans outils spécifiques (films, mémoire informatique, disques...) et qui ont une durée de vie limitée si les conditions de préservation ne sont plus réunies (température, taux d'humidité, isolement de l'extérieur, moyens anti-incendie...). En cas d'effondrement industriel, il est évident que les effets directs et indirects de cet effondrement vont détruire une grande partie de notre patrimoine, si rien n'est fait pour s'en prémunir. Cela signifie aussi que pour les générations futures, il faudra tout recommencer, tout réapprendre, tout redécouvrir. Pire, nous avons établi beaucoup plus tôt que la perte de certaines connaissances serait irréversible, notamment celles qui sont liées à des preuves archéologiques, à des formes de vie éteintes ou à des œuvres non-reproductibles. Les connaissances des générations futures, particulièrement celles portant sur l'Histoire de la Terre et de l'Homme, pourraient ainsi être beaucoup plus limitées. Si on ajoute à cela que notre civilisation aura déjà exploité une grande partie des ressources énergétiques et minérales les plus accessibles, la naissance d'une potentielle deuxième civilisation industrielle après la nôtre,

serait d'autant plus improbable, et il serait alors plus difficile pour nos descendants d'atteindre à nouveau le niveau de développement technologique nécessaire pour certaines découvertes scientifiques (sondes spatiales, simulations informatiques, collisionneurs de particules, radars...). Avec la perte d'archives importantes sur les espèces disparues, sur les civilisations passées, sur les observations célestes précédentes, sur les mesures climatiques et météorologiques, sur les langues et les coutumes répertoriées sur Terre, les générations futures auront plus de mal à redécouvrir certains savoirs aux implications profondes, à réaccomplir de grandes prouesses médicales et à sortir définitivement de l'âge des superstitions et de l'obscurantisme. Il serait dommage que nous soyons les seuls à bénéficier des connaissances que nous aurions pu créer, alors que nous ne sommes qu'une toute petite portion de l'humanité, vivant au sein d'une période de prospérité très spéciale et très restreinte.

Les facteurs d'effondrement sont variés

S'il est difficile de prévoir dans quelles circonstances exactes notre civilisation pourrait disparaître, nous sommes tout de même en mesure d'identifier certaines menaces qui pèsent sur celle-ci. Ces menaces, qui résultent pour la plupart de l'industrialisation, sont les suivantes :

Premièrement, la surexploitation des ressources : le productivisme est le moteur principal de la civilisation industrielle à l'heure actuelle. Plus une société est industrialisée, plus elle consomme de ressources, quel que soit leur nature. Ces ressources sont aussi de plus en plus variées : il ne s'agit pas seulement des ressources vitales pour l'être humain (l'eau et la nourriture), mais aussi des ressources énergétiques (pétrole, gaz, charbon, uranium...) et des matières premières (métaux, sel, sable, craie, pierre de construction...), dont la place s'est considérablement accrue ces trois derniers siècles, bien qu'ils ne s'agissent pas dans l'absolu de ressources nécessaires à la survie individuelle. Le problème, c'est que la plupart des ressources que nous consommons aujourd'hui sont fossiles, donc qu'elles n'existent qu'en quantité -exploitable- limitée sur Terre, alors que notre consommation continue de croître, en raison du développement économique des pays émergents d'un côté, et du paradigme de la croissance économique dans les pays déjà développés de l'autre. Tout ceci étant combiné avec le développement des marchés intérieurs, la publicité et, plus simplement, au modèle économique actuel, qui est davantage fondé sur l'accumulation continue de richesses plutôt que sur la production du strict nécessaire. Aussi, la possibilité que nous soyons à court de ressources exploitables devient de plus en plus sérieuse, d'autant plus que les alternatives ne sont pas toujours possibles selon la situation : si les énergies renouvelables pourraient à terme remplacer les énergies fossiles (moyennant tout de même un investissement financier très en amont des pics de production énergétiques), il n'existe pas toujours d'alternatives pour les ressources métallurgiques par exemple (Comment produire du béton sans sable ? Comment réaliser des conducteurs électriques sans métaux ? Comment produire de la chaleur sans charbon et sans bois ? etc.). Parfois, mêmes les ressources renouvelables sont menacées, si la production est trop élevée par rapport au rythme de renouvellement de ces ressources : c'est le cas par exemple des forêts ou encore des ressources halieutiques, théoriquement renouvelables, en pratique menacées aussi. A cela, il faut ajouter que la répartition inégale des ressources sur la planète pourrait être une source de nouveaux conflits (barrages hydrauliques au niveau des sources des fleuves, pays pétroliers suscitant les convoitises, déforestation menaçant des sociétés indigènes...). Notre civilisation pourrait très bien être la première et la dernière à n'avoir jamais pu atteindre un si haut niveau de technologie grâce à des ressources bon marché mais rares.

Deuxièmement, l'autre risque existentiel majeur de notre société industrielle, c'est bien entendu le réchauffement climatique. Depuis plusieurs décennies, la communauté scientifique ne peut que constater que les températures moyennes augmentent à travers le monde, du fait de l'accumulation de gaz à effet de serre (CO₂ et méthane notamment). Les sources de ces derniers sont très nombreuses (industrie lourde, production d'électricité, transport, matériaux de construction, déforestation, élevages intensifs...) et l'ampleur du réchauffement en cours va dépendre considérablement des réponses pour tenter de contrer (ou non) les émissions de gaz à effet de serre : efficacité énergétique, modes de vie frugaux, innovations technologiques, souveraineté économique, décroissance etc. Cette ampleur va dépendre également de certaines rétroactions naturelles (notamment la fonte du permafrost en Arctique), qui peuvent rajouter du gaz supplémentaire dans l'atmosphère. Toujours est-il que pour le moment, la température moyenne globale a augmenté de +1,5°C en seulement 150 ans, un rythme jamais dans l'histoire climatique de la planète, et on s'attend à un réchauffement de l'ordre de +4° C si rien n'est fait d'ici seulement un siècle. Aussi, au vu de la lenteur de la réaction des Etats, du grand public ainsi que des multinationales, la communauté scientifique s'inquiète tout naturellement des nombreuses conséquences du réchauffement climatique qui nous attendent à l'avenir. L'augmentation de la température moyenne mondiale aura notamment pour effet l'augmentation de la fréquence des sécheresses voire la désertification (donc, indirectement, une baisse de la production agricole, et donc de plus en plus de famines), l'augmentation du nombre ou de l'intensité des catastrophes naturelles (donc, des coûts de réparation de plus en plus élevés pour tous les pays), l'élévation du niveau des mers (donc, des surfaces habitables plus réduites, des inondations récurrentes, des nouvelles infrastructures côtières très coûteuses à mettre en place), ou encore le déclin accéléré de la biodiversité (avec tous les effets imprévisibles que cela pourrait avoir sur notre agriculture ou sur la propagation d'épidémies, au-delà des considérations purement éthiques et épistémiques). La conjugaison de tous ces phénomènes aura pour conséquence indirecte des déplacements humains massifs (réfugiés climatiques), de l'instabilité chronique (les émeutes de la faim en sont une prémisse), de la récession économique (les infrastructures seront toujours plus coûteuses), une vie plus chère (certaines ressources seront plus rares), du déclin démographique (plus de famines et plus d'épidémies) ainsi que des conflits inédits pour le contrôle des terres habitables subsistantes. Dans certaines régions, l'apparition des vagues de « chaleur humide », pourraient même rendre celles-ci inhospitalières pour l'être humain. Le réchauffement climatique est donc une menace existentielle pour notre civilisation industrielle, en plus d'avoir le potentiel de mener à l'extinction de nombreuses espèces et de nombreuses cultures.

Troisièmement, l'essor des hautes technologies peut être simultanément vu comme un miracle ou un maléfice en fonction de la façon dont celle-ci est utilisée. Nous ne voulons pas faire le procès de l'innovation en général, et encore moins de la science (d'autant que les sciences appliquées ne sont pas représentatives de la Science en général), mais il est clair que certains développements technologiques sont des sources d'inquiétude considérables. Citons, à titre non exhaustif, l'arme nucléaire (avec le risque associé de guerre nucléaire et l'hiver nucléaire qui en résulterait), l'intelligence artificielle (de par l'imprévisibilité d'une telle intelligence, même non consciente, et la potentielle panne informatique mondiale qu'elle provoquerait), la pollution (des doses trop grandes et trop concentrées de certains produits chimiques -pesticides, engrais, cosmétique...-, peuvent avoir des effets sur la santé humaine, sur la fertilité ou encore sur la couche d'ozone), la bactériologie (avec le risque associé d'une grande pandémie particulièrement destructrice si un virus crée par l'homme -ou par l'IA- s'échappe de laboratoire) et bien d'autres menaces qu'on ne peut citer ici. En se complexifiant autant à cause des innovations technologiques, l'évolution de la société industrielle est devenue beaucoup plus difficile à anticiper et il est de plus en plus probable que la technologie se retourne contre nous si nous ne la régulons pas rapidement.

Quelque soit le ou les phénomènes qui pourraient déclencher la chute de la civilisation, il est clair que cela s'accompagnera de très nombreux effets collatéraux (guerres, dérives autoritaires, catastrophes naturelles...) qui auront à eux-seuls la capacité de réduire à néant le chef d'œuvre absolu de notre civilisation : notre corpus de connaissance.

I.3) LES OBJECTIFS D'UNE GRANDE MEMOIRE EPISTEMIQUE

Une mémoire épistémique peut sauver la civilisation

Récapitulons : la connaissance peut porter sur des choses fragiles, éphémères, vulnérables, qui peuvent disparaître à tout moment de façon définitive. Sans améliorer la préservation du savoir, alors nous ne serons définitivement plus en mesure de le recréer, si celui-ci venait à être effacé, volontairement ou non. De plus, la connaissance est devenue une ressource virtuelle indispensable pour notre monde industrialisé biberonné aux TIC : elle nous aide à améliorer le niveau de vie général dans la société, avec comme conséquence également une meilleure prospérité, une meilleure instruction, une meilleure gestion sociale etc. En parallèle néanmoins, de nombreux phénomènes menacent l'intégrité de ces connaissances : entropie, catastrophes naturelles, guerres, censure, voire tout simplement effondrement de notre civilisation industrielle. Les jours de celle-ci sont comptés avec la multiplication des facteurs de déclin : dérives autoritaires, bellicisme, réchauffement climatique, raréfaction des ressources, rupture technologique etc. Pour que nos connaissances puissent survivre à un éventuel effondrement de la civilisation, un plan d'action doit être mis en place pour garantir la préservation de l'information, et ce à grande échelle et à très long terme. C'est ce qu'on appellera ici une mémoire épistémique, une sauvegarde de toutes nos connaissances, réalisée dans le but d'empêcher l'amnésie collective des générations futures en cas de catastrophe. Comme cela a été dit, les générations futures ne pourront pas redécouvrir tout ce que nous avons découvert jusqu'à aujourd'hui en matière d'Histoire, de biologie, d'archéologie, d'ethnologie ou autre si tout ou partie des institutions patrimoniales de la planète venaient à disparaître, à moins que toutes ces découvertes survivent à travers une « boîte noire », une Bibliothèque d'Alexandrie de secours, bien à l'abri de la destruction. On pourrait même ajouter que si une civilisation lointaine développait sa propre Science, une partie de celle-ci pourrait être redondante avec la nôtre, et cette civilisation perdrait alors du temps à tenter de résoudre certains problèmes, alors que notre civilisation actuelle a déjà mâché le travail et que nos efforts sont accessibles directement dans nos banques d'information. En d'autres termes, la contribution de notre civilisation industrielle ainsi que celle de nos prédécesseurs (gréco-romains, indiens, chinois...) à la compréhension du monde qui nous entoure pourrait devenir complètement nul si nos connaissances se trouvaient effacées à jamais. Tout ceci conduit à la conclusion qu'une mémoire épistémique, c'est aussi une mémoire avancée de notre propre civilisation, en plus d'une mémoire de notre savoir.

En fait, il n'y a pas seulement des enjeux concrets qui motivent la création d'une mémoire épistémique, même si ce sont déjà de bonnes justifications en soi, il y a aussi beaucoup d'enjeux symboliques. La sauvegarde de nos connaissances, ce n'est pas seulement la possibilité de rendre notre savoir disponible pour de futures civilisations lointaines, c'est aussi une occasion d'immortaliser beaucoup d'aspects de notre civilisation, à l'image des pyramides de Gizeh pour l'Egypte Antique. En premier lieu, la préservation des connaissances, c'est un moyen indirect de faire « survivre » notre civilisation au-delà de sa date d'expiration. La préservation de notre connaissance permettrait aussi de donner aux générations futures des informations sur les différentes cultures de la Terre, à travers notre documentation sur nos œuvres d'art, nos monuments, nos traditions, nos valeurs morales, nos systèmes politiques, nos langues, nos modes de vie, nos causes sociales etc. Certains accomplissements, tout ce qui nous tient à cœur aujourd'hui, pourraient continuer de vivre si nos

descendants s'attellent au décryptage de nos banques de connaissances. D'ailleurs, en plus de la sauvegarde de ce dont nous sommes le plus fier, la mémoire épistémique serait aussi un bon moyen de transmettre le souvenir de nos plus grosses erreurs (guerres mondiales, génocides, désastres écologiques, crises financières, injustice sociale, inégalités économiques...), donc de constituer un retour d'expérience sur ce que notre civilisation a raté, pour que nos descendants réussissent mieux que nous à construire des lendemains qui chantent. Ce devoir de mémoire se perpétuerait dans le temps en même temps que le souvenir des grands exploits de notre civilisation (merveilles du monde, grands artistes, exploration spatiale, spécialités culinaires...). Si nous arrivons même à efficacement entretenir une mémoire épistémique en plein effondrement de la civilisation, nous pourrions même créer une sorte de boîte noire civilisationnelle, un moyen de faire parvenir à nos descendants des données capitales pour analyser les causes exactes de l'effondrement de notre propre civilisation. Une potentielle deuxième civilisation industrielle deviendrait ainsi potentiellement beaucoup plus durable, en ayant accès à des pans entiers de notre Histoire, par exemple, à la façon dont nous gérons les ressources, dont nous légiférons, ou encore dont nous acceptons ou non certaines découvertes. D'ailleurs, quitte à transmettre des connaissances pour les générations lointaines, on pourrait aussi les transmettre pour les générations qui existeront juste après l'effondrement : il serait peut-être possible de faire parvenir des informations et des savoir-faire précieux pour que l'intervalle de temps sombre entre deux « âges d'or » industriels soit le plus court possible. Cela inclurait par exemple l'agronomie, la métallurgie, le DIY, le recyclage, la pharmacologie etc. Peut-être même que des sociétés post-industrielles (stricto-sensu) pourraient tester de nouveaux modèles politiques et économiques plus sains que nos modèles actuels grâce à notre Science et notre philosophie, avant même de tenter une transition vers une civilisation avancée.

Une mémoire épistémique peut sauver notre culture

Lorsque l'on parle de connaissances, il est facile de penser immédiatement aux connaissances scientifiques, et notamment à celles qui relèvent les sciences dites « dures », à savoir la physique, la chimie, la biologie, les sciences de la Terre ou encore les mathématiques. On imagine aussi facilement que la sauvegarde de la connaissance implique aussi par ricochet celle du savoir-faire technologique et médical, c'est-à-dire les sciences appliquées. Pourtant, l'objectif d'une mémoire épistémique, c'est bien de sauvegarder toutes les connaissances, ou en tout cas le plus grand nombre possible. Même si les sciences naturelles et formelles représentent un savoir déjà immense, il existe aussi de multiples branches des sciences qui sont consacrées à l'étude du genre humain, celle de la société ou encore celle de la culture et de son Histoire. Celles-ci forment ce qu'on appelle les Sciences Humaines et Sociales (SHS), et bien qu'il y ait des différences méthodologiques avec les sciences naturelles, ces différences existent principalement parce que l'humain est difficile à étudier de la même façon que n'importe quel autre objet de l'Univers. Aussi, le caractère rigoureux des SHS n'est pas absolument pas remis en question dans la communauté scientifique et le fonctionnement général de ces sciences reste familier : cycle de publications scientifiques avec revue des pairs, tests d'hypothèses, protocoles expérimentaux, raisonnements logiques etc. A cela s'ajoute le fait que, plus que dans n'importe quelle autre Science, les SHS accordent une place importante à la pluralité des approches scientifiques et des méthodes de travail, afin de multiplier les pistes pour résoudre un problème. Tout ceci pour dire que toutes les sciences méritent d'être préservées, et pas seulement celles considérées comme les plus « fondamentales » ou les plus « essentielles ». En fait, les sciences portant sur des objets d'étude spécifiques (époques précises, ethnies précises, espèces précises, systèmes précis etc.) méritent sans doute une plus grande attention dans la mesure où ces objets d'études sont beaucoup plus éphémères,

rendant ainsi la connaissance plus difficile à reproduire une fois que ces objets d'études n'existent plus là. Comment feraient nos descendants pour reconstituer l'histoire de leur propre civilisation si la nôtre disparaissait sans laisser de traces ?

Par ailleurs, lorsque l'on parle de connaissances, on parle par défaut de connaissances scientifiques, mais il faut bien réaliser qu'il existe en ce monde de nombreuses disciplines qui tentent de résoudre les grandes énigmes du cosmos. Certes, un certain nombre d'entre elles relèvent de la pseudo-science, et ne produisent que des « connaissances » dont l'intérêt épistémique est limité (astrologie, homéopathie, scientologie, ufologie etc.). Sauf que d'une part, il existe de nombreuses justifications pour sauvegarder les tentatives issues de ces disciplines tout de même (ce sont des témoignages de nos systèmes de croyances, ce sont des hypothèses à préserver par principe « au cas où », cela a une valeur pour un certain nombre de personnes etc.), et d'autre part, tout ce qui ne relève pas de la Science ne manque pas forcément de rigueur pour autant. La philosophie est un autre pan important de la culture qui se consacre à la compréhension du monde et de ce qu'il contient, humain compris. La philosophie est une discipline qui, en complément de la Science, propose toutes sortes de pistes de réflexions, de questions à creuser, d'hypothèses et de théories sur le fonctionnement des choses. Certes, on peut difficilement parler de « connaissance » philosophique, puisque la connaissance est quelque chose que l'on peut prouver (ou a minima, étayer), alors que la philosophie produit surtout des spéculations. Mais ces spéculations sont complémentaires des connaissances scientifiques, et par leur caractère plus ou moins rationnels, elles ont tout de même une grande valeur dans le socle des connaissances. Les différentes autres formes de sagesse développées à travers le monde méritent aussi d'être préservées, dans la mesure où ses sagesse sont uniques et qu'elles peuvent apporter un éclairage intéressant sur le monde et sur l'humain.

Par conséquent, une mémoire épistémique n'a pas simplement pour rôle de préserver tout ce qui existe de publications scientifiques (articles, revues, conférences, débats...), ou même d'archives scientifiques (nous évoquons plus tôt les fossiles, les sites archéologiques, les écrits anciens...), mais aussi les autres publications non scientifiques, telles que les ouvrages philosophiques, les encyclopédies, les médias journalistiques ou encore n'importe quel « item » pouvant constituer une étude de quelque chose. En fait, comme la science et la philosophie comportent leur versant culturel, en sauvegardant les connaissances ethnologiques et anthropologiques, une mémoire épistémique permet indirectement aussi de sauvegarder toutes sortes d'aspects de notre culture terrienne. En sauvant la littérature autour de l'Histoire de l'Art par exemple, on pourrait indirectement aussi sauver toutes sortes de chef d'œuvres. En sauvant les analyses portant sur telle ou telle œuvre, on sauverait aussi l'œuvre elle-même par la même occasion. En sauvant les vieilles archives historiques, on sauverait aussi indirectement toutes sortes de créations venant d'autres époques. En voulant sauver toute notre Science, on peut donc sauver tout notre patrimoine par extension. Ainsi même si la connaissance scientifique a pas mal été au cœur de la discussion jusqu'ici, la mémoire épistémique n'a pas pour seul objectif de préserver pour des générations entières tout ou partie de notre littérature scientifique, mais elle a aussi pour objectif majeur de rendre toute notre culture accessible pour nos descendants lointains, avec tout ce que cela comporte de créations philosophiques, artistiques, cinématographiques, musicales, littéraires, politiques, anthropologiques, sociologiques etc. Il serait dommage que l'on puisse être capable de transmettre notre Science, et pas de transmettre toutes ces nombreuses autres créations qui rendent la vie humaine bien moins misérable.

Une mémoire épistémique peut immortaliser le cosmos

Sauver la connaissance, c'est également un objectif en soi, puisque la connaissance pourrait être définie comme une forme d'immortalisation des choses. La connaissance, c'est en quelque sorte le pouvoir de fixer un aspect du monde réel, de transformer des existences éphémères en éternité virtuelle. Le moindre arbre qui a un jour été décrit par un être humain, a réussi à survivre au-delà de sa mort, par conversion préalable en un objet mental appelé « connaissance », portant sur cet arbre et pouvant être compris de l'être humain seul. Ne dit-on pas d'ailleurs que si l'humanité venait à mourir, l'Univers perdrait son meilleur biographe ? D'ailleurs, l'environnement naturel n'est pas le seul contenant de l'Univers qui peut échapper à sa mort par « épistémification » : il ne faut pas oublier que nous-mêmes, en tant qu'espèce ou en tant que civilisation, nous sommes aussi des contenants de cet Univers, particulièrement éphémères d'ailleurs, et que par la conversion de nous-mêmes en connaissances, nous sommes capables de dépasser notre propre mortalité. Nous laissons individuellement des traces de notre passage à travers nos épitaphes, nos biographies, nos témoignages, nos créations artistiques. Nous laissons collectivement des traces de notre passage à travers les bibliothèques, les musées, les archives, les monuments et autres réserves de connaissances. L'humanité dans son ensemble pourrait donc laisser dans le Cosmos l'ultime trace de son passage à travers une mémoire épistémique.

Une mémoire épistémique, quelque chose qui par définition centralise le plus possible d'informations sur le monde connu, cela peut également être vu comme un grand coup de maître de l'humanité face à l'Univers qui l'entoure. Même si en tant qu'espèce, nous ne parvenons pas à tout connaître de la Réalité dans son intégralité, notre espèce est unique en ce qu'elle est tout de même capable d'abstractiser le monde qui l'entoure en une poignée de concepts, d'idées, de représentations. Le simple fait d'accumuler théorie sur théorie, courant de pensée sur courant de pensée, question sur question, est déjà en soi un accomplissement énorme et sans pareil à des années lumières à la ronde. Pouvoir centraliser ce savoir dans un lieu dédiée, ce serait en quelque sorte un moyen pour l'humanité de dupliquer notre Univers, de recréer un deuxième univers certes imparfait et distinct de son modèle, mais dont il s'agit tout de même d'une sorte de reflet très riche et très proche. Un reflet dont la diversité de ce qu'il contient n'a d'égal que la diversité de ce qu'il reflète. En rendant ce lieu résistant au passage du temps, tout se passerait comme si le Cosmos se retrouvait doté d'une mémoire d'elle-même, mémoire dont les êtres humains seraient les ouvrières. On obtiendrait alors une sorte d'Univers miniature encodé en son propre sein, dans un point très précis de l'espace-temps. Un tout à l'intérieur du grand tout.

Réussir un tel exploit, ce serait aussi un signal envoyé aux autres potentielles civilisations majeures qui beignent le cosmos, humaines ou non, terrestres ou non. Il n'est pas dit que parmi les nombreuses civilisations intelligentes qui peuplent peut-être notre univers (statistiquement, c'est assez probable au vu du nombre de planètes estimé dans une galaxie et du nombre de galaxies estimé dans l'Univers observable), toutes parviennent à créer une profusion de savoirs aussi importante que la nôtre. Il n'est par ailleurs pas impossible que de nombreuses espèces et de nombreuses civilisations s'éteignent avant d'avoir eu le temps de créer une grande mémoire de l'Univers de leur côté. Mais si l'humanité parvenait au moins à créer un souvenir de la richesse de sa civilisation, un souvenir exhaustif et durable, avant de disparaître, alors nous aurions peut-être réussi un exploit particulièrement rare dans le cosmos. Nous satisferions notre orgueil anthropocentrique par le plus humaniste des projets. Peut-être même que cela pourrait être un point de départ pour de nouvelles civilisations voire de nouvelles espèces qui hériteraient de nos connaissances en tombant sur les restes de notre civilisation. Nous aurions légué le meilleur message possible à la fois à nos descendants, à d'autres formes de vie, ainsi qu'à l'Univers lui-même dans son entièreté. Le message ultime de notre civilisation, c'est à dire le plus complet de tous, la biographie du grand Tout.

Enfin, à titre individuel, un tel projet serait aussi un moyen de faire subsister nos petites existences, nos noms, nos vies, nos exploits ou nos erreurs, de lancer une bouteille à la mer qui survivra plus longtemps que nous mais qui nous apaisera, nous rassurera avant de mourir. Une bouteille qui nous rappellera que dans le fond, nous avons participé à quelque chose de grandiose, nous avons fait partie du grand Tout, nous avons fait partie du projet de l'immortaliser, et de rappeler à l'Univers notre petite existence.

Préserver la connaissance est moins couteux que de nous préserver nous-mêmes

Quelque soient les (nombreuses) raisons qui pourraient nous pousser à envisager une mémoire épistémique, il faut rappeler que déjà à l'heure actuelle, alors même que cette mémoire n'a pas encore été créée, l'entretien d'archives, de musées, de bibliothèques, de serveurs informatiques, et de toute autre forme de capital culturel, tout ceci n'a pas un coût considérable, en comparaison de bien d'autres aspects de la société. Les nations dépensent des dizaines de milliers de dollars tous les ans, dans la défense, dans la publicité, dans la construction, dans les infrastructures urbaines, ainsi que dans toutes sortes de grands ouvrages gigantesques. Gigantesques même au regard de la taille de la planète (viaducs, tunnels, gratte-ciels, réseaux routiers...). Des dizaines de milliards supplémentaires sont aussi affectés à la recherche scientifique, à l'éducation, au développement technologique ou encore à la médecine. Nous avons besoins d'une quantité astronomique d'énergie et de matière pour faire fonctionner notre société moderne, via des milliers de centrales, d'usines, d'exploitations minières, de véhicules, de routes, de voies ferrées, de gazoducs, d'oléoducs, de câbles électriques etc. Mais en parallèle de tous ceci, les institutions patrimoniales ne représentent qu'une toute petite portion de tous les bâtiments construits par l'être humain. Les serveurs informatiques et le maintien à la bonne température des manuscrits anciens ne nécessite qu'une petite partie de la production électrique mondiale, le reste alimentant nos maisons, nos industries, nos éclairages urbains etc. La quantité d'argent nécessaire pour entretenir les musées est importante mais finalement dérisoire au regard de ce qui est nécessaire pour entretenir les autres rouages de la civilisation. Même l'éducation ne nécessite pas autant de moyens que l'armée ou que la santé publique pour être efficace. En termes de ressources humaines, il n'est pas non plus indispensable de mobiliser une grande partie de la masse salariale disponible, pour que la préservation du capital intellectuel partout autour du globe, soit efficace, alors même que ce capital est immense. Même lorsque nous envoyons des échantillons de notre connaissance dans l'espace, à bord de sondes ou sous forme de messages radios, la constitution du message est en soi nettement moins couteuse que la fabrication des autres instruments à bord d'une sonde ou moins coûteuse encore que la construction de puissants radio-émetteurs. En fait, même en termes de temps, l'envoi d'un message dans l'espace ne mobilise que peu de ressources, et n'empêche ainsi pas le bon déroulement des programmes d'exploration spatiale susdits.

Le coût dérisoire d'une sorte de « boîte noire épistémique », l'est aussi en comparaison du coût qu'il faudra dépenser pour éviter des catastrophes industrielles globales : la transition énergétique, la massification du recyclage, la recherche et développement, tous ces efforts pour pouvoir contrer le réchauffement climatique et la raréfaction des ressources ont beaux être à la portée de l'économie mondiale, cela constitue tout de même une dépense considérable. On peut donc considérer qu'il est beaucoup plus aisé de créer une sauvegarde des connaissances de notre civilisation que de sauver la civilisation de sa chute, même si on peut très bien faire les deux. Insistons tout de même sur le fait que la mémoire épistémique n'est un projet de substitution à la lutte contre le réchauffement climatique, tout au plus un plan B. De toutes façons, le coût d'une mémoire épistémique est dérisoire à un point

tel que multiplier les projets de mémoires épistémiques n'impliquerait qu'une hausse de dépense globale toute relative pour les nations qui cherchaient à se préserver des catastrophes. En fait, comme la longévité est un aspect important de la conception d'un projet de mémoire épistémique, avec donc un entretien permanent très réduit une fois que le projet est constitué, cela implique que le coût d'un tel projet serait finalement immédiatement amorti. Cela nous amène donc logiquement à la conclusion suivante : puisque les objectifs d'un grand projet de conservation des connaissances sont très importants, aussi bien d'un point de vue symbolique (créer la mémoire tampon de notre propre Univers, rien que cela) que pragmatique (créer une mémoire utile de notre Science pour nos descendants), puisque nous n'avons pas besoin de tout l'argent, tout le temps, tout le personnel et toute l'énergie du monde pour mener à bien un tel projet, et puisque le coût d'un tel projet n'impacterait pas vraiment celui d'autres grands projets sociaux majeurs (recherche médicale, éducation, lutte contre la pauvreté, transition énergétique, conquête spatiale, défense etc.), quelle objection peut-on vraiment faire à un tel projet ? Le seul obstacle qu'il reste, à savoir la nécessité d'une technologie nécessaire pour rassembler une quantité gigantesque d'informations, est sur le point d'être franchi. Dans le fond, malgré l'ambition d'une nouvelle bibliothèque d'Alexandrie plus pérenne, nous avons de la chance que cette ambition soit purement intellectuelle, et qu'elle soit beaucoup moins un gouffre financier que bien d'autres projets (arsenal nucléaire, chasseur de combat, campagne marketing virale, villes nouvelles, expéditions sur Mars...), tout en ayant potentiellement un impact beaucoup plus durable que ces derniers. Surtout que l'échec d'un tel projet est une notion relative : si le projet réussit, les bénéfices de rendre disponible la connaissance à nos descendants seraient de toutes façons forcément énormes : toute notre Science, nos idées, notre culture, notre Histoire. Si le projet ne voit pas le jour, alors nous n'aurions plus rien à perdre, seuls nos descendants pourraient manquer de savoirs dont ils ne soupçonneraient pas l'existence.

TRANSITION

Depuis le début, nous avons discuté de long en large des besoins qui nous poussent à militer pour la préservation à long terme des connaissances, mais nous avons décrit cette démarche en des termes finalement assez vagues. Nous avons parlé de « mémoire épistémique », de « bibliothèque d'Alexandrie moderne », de « boîte noire », de « projet » de sauvegarde des connaissances etc. Nous avons rappelé sans entrer dans le détail les différentes formes que pouvaient prendre les centres de préservations de la connaissances traditionnels : musées, bibliothèques, archives, serveurs informatiques ou encore supports électroniques. Nous avons effleuré du doigt la nuance entre support de connaissance, un objet tangible pouvant subsister indépendamment de l'utilisateur, et la connaissance proprement dite. Nous nous sommes surtout attardés sur les justifications d'un projet de mémoire épistémique, qu'il s'agisse du caractère hautement précieux de notre corpus de connaissance, des menaces potentielles qui pèsent sur elle ainsi que sur notre culture, ou encore des objectifs principaux d'une grande mémoire épistémique. Désormais, il va falloir être plus précis dans la définition des contours d'une mémoire épistémique : il nous faut décrire comment centraliser un amas de connaissances, et donc discuter des difficultés potentielles d'un tel projet, des moyens à mettre en œuvre pour garantir une préservation sur une très longue période de temps, des moyens pour s'assurer que les éventuels destinataires de cette mémoire pourront décrypter son contenu, des catégories de projets que l'on peut mettre en place, des ressources à mobiliser etc.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, reposons-nous une nouvelle fois la question fatidique : de quoi parle-t-on quand on parle de grand projet de mémoire épistémique exactement ? Jusqu'ici, nous avons employé cette expression de « mémoire épistémique », notamment pour figurer les esprits sans préjuger ce à quoi ressemblerait un tel projet. On peut tout au plus s'imaginer une sorte d'immense base de données abstraite. La mémoire épistémique est surtout un concept distinct de celui de « mémoire collective », ou encore de « mémoire culturelle ». En effet, la mémoire collective désigne plutôt un ensemble d'information partagée au sein d'un groupe, portant sur des événements historiques ou à une narration donnée du passé, dans le prolongement de la mémoire individuelle. La mémoire collective est plutôt un concept qui vise à rendre accessible au plus grand nombre des informations cruciales sur l'histoire d'une communauté donnée, et la mémoire culturelle, vise surtout à la préservation des items, quel que soit leur niveau de vulnérabilité, ce qui implique un entretien de tous les instants, rendu possible par les institutions patrimoniales (bibliothèques, universités, musées, archives...). Tout ceci est donc surtout d'une affaire d'éducation et de conservation du patrimoine. Or, lorsque nous parlons de mémoire épistémique, ce qui est visé, c'est la préservation à très long terme des savoirs, donc plutôt de limiter au maximum l'accessibilité au moment présent pour maximiser les chances que ces savoirs parviennent jusqu'à nos descendants. Avec la mémoire épistémique, le plus important est l'information en elle-même, et non l'item qui comporte l'information. Et le fait qu'elle soit « épistémique » traduit le fait que la Science reste au cœur de cette préservation, même si nous avons vu que la préservation des connaissances pouvait aussi amener à la préservation indirecte de nos idées philosophiques et de notre culture au sens large. La mémoire épistémique est à avoir comme une mémoire « de secours » de la mémoire collective et culturelle.

La fonction fondamentale d'une mémoire épistémique, c'est de faire en sorte que les destinataires d'une telle mémoire puissent reconstituer un vaste corpus de connaissances sans repartir de zéro. Autrement dit, l'objectif principal est de protéger ces connaissances de potentiels coups durs, auxquels le système éducatif et les institutions patrimoniales pourraient être vulnérables. Ce projet de mémoire épistémique peut être rapproché d'un autre type de projet qui a déjà une fonction similaire : celui des

capsules temporelles. Une capsule temporelle, pour rester succinct, désigne n'importe quel message destiné à être déchiffré dans un avenir lointain, qu'il s'agisse d'une bouteille à la mer, d'une sonde spatiale, d'un message radio envoyé vers l'espace ou encore très littéralement d'une capsule « cachée » qui ne doit être ouverte qu'après un temps très long. La plupart des capsules temporelles sont assez simples, et ne contiennent pas toujours une quantité d'informations importantes, mais ces dernières années, on a vu apparaître des capsules d'un genre nouveau, contenant des encyclopédies, des exemplaires d'œuvres libres de droit, des échantillons d'ADN. Le contenu de ces capsules est donc de plus en plus extensif. Là où les capsules temporelles « 1.0 » sont avant tout pensées pour être des traces du passage de ceux qui l'on mis en place, comme une sorte de défi lancé à l'apparente éternité de l'Univers, ces nouvelles capsules « 2.0 » ambitionnent carrément de sauvegarder des connaissances scientifiques ou philosophiques, ce qui n'est pas sans faire écho à l'objectif principal d'une mémoire épistémique. Certes, toutes les capsules temporelles « 2.0 » n'ambitionnent pas forcément de protéger le savoir dans sa globalité et ont plutôt tendance à se focaliser uniquement sur les connaissances perçues comme « essentielles », notamment les sciences dites « dures ». A l'inverse, la mémoire épistémique n'implique pas nécessairement une impulsion artistique comme celle des capsules temporelles classiques, tandis que la temporalité envisagée pour la préservation des connaissances n'est pas nécessairement aussi longue que celle de beaucoup de capsules temporelles : on demande d'une mémoire épistémique qu'elle survive à une catastrophe pouvant s'étaler sur quelques générations, certaines capsules temporelles pourraient subsister pour des milliers, voire des millions d'années. Néanmoins, on peut constater une convergence entre les capsules temporelles et la mémoire épistémique : cette convergence, c'est l'arche de connaissance. L'arche de connaissance, c'est donc n'importe quel projet qui consiste à la fois en la préservation du plus grand nombre de connaissances pour les générations futures (donc une mémoire épistémique), et en la mise à l'abri de ce savoir pour un temps très long (donc une capsule temporelle, une capsule « 3.0 »). Désormais, lorsque nous parlerons de mémoire épistémique, nous parlerons implicitement surtout de cette variante de mémoire épistémique que constituent les arches de connaissances.

De la fonction principale d'une arche de connaissance, on peut en déduire trois grandes contraintes principales, qui sont les trois axes autour desquels doivent se positionner un tel projet :

***Contrainte n°1** : un **maximum de données** doit être conservé. On souhaite que notre Science ne soit pas perdue pour les générations futures, ce qui implique donc que le périmètre de la préservation doit être le plus large possible. On veut sauver le plus grand nombre de connaissances possibles, ou même de données brutes plus élémentaires si besoin.

***Contrainte n°2** : les données doivent être **accessibles**. Au-delà de l'exhaustivité, il faut bien sûr faire en sorte qu'il soit relativement facile pour nos descendants d'accéder à notre savoir, qu'ils ne se retrouvent pas complètement démunis face à nos modes de préservation.

***Contrainte n°3** : les données doivent **subsister le plus longtemps** possible. Qui dit préservation, dit résistance au passage du temps, donc réponse à tous les risques, naturels, industriels ou politiques, que nous évoquions plus tôt, pouvant détruire les connaissances. Il peut y avoir aussi un juste équilibre à trouver avec l'accessibilité de nos connaissances, une trop grande facilité d'accès pourrait les compromettre.

Chacune de ces contraintes cache toutes sortes de défis (centralisation, capacité de stockage, langage, transmission, standardisation des supports...) que nous allons aborder au fur et mesure.

II.1) CONTRAINTE N°1 : L'EXHAUSTIVITE

Répertorier c'est la première pierre de la préservation

Pour n'importe quel projet d'arche de connaissance, la première difficulté majeure, c'est de garantir l'exhaustivité. Si l'on veut s'assurer que nos connaissances perdurent par-delà les siècles, il faut que l'ensemble des informations contenues dans les documents sélectionnés pour être préservés soient complémentaires, et que rien ne soit oublié, par erreur ou par omission volontaire. Cette étape comporte déjà son lot de difficultés puisque nos connaissances sont éparpillées aux quatre coins du monde, sous diverses formes et en des lieux très variés. Au-delà du problème de garantir que l'on peut tout préserver si l'on ne centralise pas nos connaissances à un seul endroit ; il peut surtout être très difficile d'en faire le suivi, de tracer toutes les informations et de vérifier que rien n'a disparu. Cette difficulté est bien entendu amplifiée par la variété et le nombre considérable « d'items » (livres, articles, pistes sonores, films, sites web...) qui sont accumulés un peu partout, parfois en multiples exemplaires, parfois même en « faux ».

Par conséquent, la première étape de la préservation, c'est le répertoire. L'intérêt de répertoire, c'est à la fois d'indexer tout ce qui peut l'être, c'est-à-dire d'identifier tous les items qui ont quelque chose à voir avec nos connaissances, mais aussi de faire le tri, afin de repérer les items les plus rares, c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles de disparaître le plus rapidement si rien n'est fait. Le répertoire est ainsi une occasion pour hiérarchiser les connaissances par degré de vulnérabilité, et donc pour identifier ce qui doit être préservé en priorité. Par conséquent, toutes sortes de manuscrits anciens, d'œuvres d'art uniques ou de traces archéologiques, par exemple, en étant identifiés comme prioritaires, peuvent plus rapidement faire l'objet de copies pérennes, au format numérique le cas échéant. En clair, plus vite un objet de connaissance est identifié comme rare, plus tôt on pourra le dupliquer et le conserver durablement. Le répertoire permet donc de limiter les angles morts de la préservation du patrimoine et de garantir à terme l'existence de versions durables de toutes sortes d'items, et ce non pas en fonction de leur caractère « essentiel » réel ou supposé, mais bien en fonction de leur singularité.

Pour être efficace, le répertoire de nos connaissances doit respecter les étapes suivantes :

*Exploration : on part à la recherche de tous les items pouvant constituer l'arche de connaissance et on prépare l'inventaire du patrimoine à préserver. Par exemple, on enquête sur les écrivains d'une zone géographique donnée.

*Identification : on fait un état des lieux prouvant l'existence d'un item en particulier et on lui donne un nom unique. Dans l'exemple, il s'agit du titre et d'un n° d'identification d'un document écrit par un auteur donné.

*Localisation : on identifie et on trace le lieu exact où se situe l'item à chaque instant. Dans l'exemple, on vérifie régulièrement que tel ou tel document est bien dans une bibliothèque ou une collection privée dans laquelle on l'avait trouvé au départ.

*Indexation : on décrit la nature de l'item (catalogage descriptif), la nature du contenu de celui-ci (catalogage du sujet), on le hiérarchise par rapport à d'autres items et on le classe. Dans l'exemple, on détermine que le document en question est un livre, qu'il porte sur l'histoire de l'art, et qu'il fait partie de la catégorie des essais anthropologiques.

*Authentification : on s'assure que l'item est un vrai, et non une usurpation. Dans l'exemple, on certifie que le livre est un original ou une copie autorisée.

*Etat de conservation : on estime le degré de protection nécessaire à l'item. Dans l'exemple, on déduit quelles sont les conditions climatiques idéales de conservation en fonction notamment de la nature du papier et de l'encre utilisés.

*Création de métadonnées : on associe à chaque item de multiples données, dont celles identifiées lors des étapes précédentes (nom unique, localisation, nature, contexte...), pour faciliter les futures recherches en lien avec l'item. Dans l'exemple, on crée un fichier séparé mais unique et indissociablement lié au livre auquel le fichier fait référence, et l'on y renseigne le maximum d'information sur le livre en lui-même : résumé, thèmes, date de publication, nom de l'auteur, langue etc.

*Recherche de duplicata : on identifie si l'item est une variante ou une copie d'un autre, si on l'a en quelque sorte déjà identifié ailleurs. Dans l'exemple, on essaye de déterminer le nombre d'exemplaires produits, vendus ou non.

*Copie : si l'item n'existe qu'en peu d'exemplaires, voire en un seul, on en crée une copie, réelle ou virtuelle, qui doit être stocké obligatoirement dans un autre lieu. Dans l'exemple, on crée une copie du livre, au format numérique, pour que l'essence du livre subsiste en cas de destruction du livre original.

*Protection : on s'assure qu'au moins un des lieux où se trouve un des exemplaires de l'item est bien protégé des agressions extérieures et de la censure. Dans l'exemple, on s'assure que l'exemplaire original est conservé dans une institution patrimoniale (bibliothèque publique ou autre) et que le duplicata numérique est stocké dans un serveur accessible et non vulnérable.

Pour ce dernier point, on commence à dépasser le cadre du simple répertoire pour entrer dans la préservation de l'item proprement dite. Mais la priorité accordée à un item dans la préservation est quelque chose qui dépend considérablement de certaines informations identifiées lors du répertoire. Si on identifie suffisamment tôt qu'un item est trop fragile, alors on peut-on anticiper plus rapidement les méthodes de préservation et éventuellement, prendre les devants et créer des copies virtuelles - par exemple sous forme de scan 3D ou en ayant recours à la numérisation- avant même la fin du répertoire afin de s'assurer que le souvenir de l'item ne soit pas perdu. C'est le cas notamment pour ce qui ne constitue pas un document écrit, visuel, audio ou audiovisuel, comme le patrimoine inamovible (bâtiments, fossiles, fragments de documents historiques...) ou encore le patrimoine immatériel (les arts représentatifs, les métiers, les traditions...).

Par conséquent, la protection de cette catégorie d'item est évidemment prioritaire. Les monuments massifs, comme la grande muraille de Chine ou les pyramides de Gizeh, les œuvres d'origine, comme la Joconde de De Vinci ou la Vénus de Milo, voire même pourquoi pas des villes, comme Venise ou Teotihuacan, et des espaces naturels, comme la forêt Amazonienne ou la banquise arctique, tout cela constitue un patrimoine qui doit faire l'objet d'une attention prioritaire puisqu'impossible à remplacer autrement que par des simulacres. Mais ces simulacres ont plus de chance de parvenir à nos descendants que les items qu'elles simulent. Par ordre de priorité décroissante viennent ensuite les items ayant une forte valeur historique et culturelle (les livres saints, la déclaration d'indépendance américaine, le Petit Prince d'Antoine de St-Exupéry, les archives d'Apollo 11 etc.), les items représentant un type d'items très rare (les codex aztèques ou les quipus incas par exemple) ou encore les items ayant une valeur comparative plus intéressante que d'autres items du même type, en terme de rareté (par exemple, les œufs de Fabergé), de complétude (un squelette complet de dinosaure est plus intéressant qu'un simple fémur isolé de la même espèce ; un manuscrit complet plus intéressant que des fragments

dispersés), d'intégrité (un exemplaire dans un état de conservation correct sera plus facile à protéger qu'un exemplaire identique fortement détérioré) ou de qualité.

On notera que les exemples d'items cités précédemment constituent davantage des sources de connaissances, que des connaissances en elles-mêmes, mais comme on l'a vu plus tôt, la préservation de la Science passe aussi par la préservation de tout ce qui peut l'enrichir, ce qui comporte aussi la philosophie et les arts, ainsi que la culture au sens large. Le répertoire de tout ce qui peut l'être peut aussi servir d'autres objectifs complémentaires de la préservation : s'assurer que le grand public puisse connaître l'existence d'une source d'information et y accéder, préparer une banque de citations et de sources possibles pour une future étude, aider par une classification rigoureuse ceux qui recherchent une source bien précise, ou encore faciliter la centralisation des connaissances établies en des lieux bien précis.

Selon la stratégie de préservation, l'information doit être centralisée ou non

Un objectif secondaire d'une arche de connaissance est d'ailleurs justement de centraliser ces connaissances. Puisque tout l'intérêt d'une grande mémoire épistémique est de sauvegarder un maximum de connaissances possibles, on comprend que la centralisation faciliterait les choses. Historiquement, de nombreuses civilisations ont très vite compris la nécessité de pouvoir collecter le maximum de documents, notamment à travers les premières bibliothèques antiques, dont les fameuses bibliothèques d'Alexandrie et de Pergame, qui avaient tout de même l'ambition de rassembler tout le savoir et toute la littérature du monde grec. Ou encore à travers les cabinets de curiosités, les collections privées et autres proto-archives qui ont pu être constituées par les élites intellectuelles d'autrefois. De nos jours, ce rôle de centralisation est essentiellement détenu par ce qu'on appelle les institutions patrimoniales, c'est-à-dire toutes sortes d'organismes le plus souvent (mais pas exclusivement) publics, qui ont pour objectif de conserver autant d'items que possible. On distingue plusieurs lieux majeurs de centralisation, en fonction de la nature des items conservés :

*Les bibliothèques : ces lieux rassemblent avant tout des documents écrits, des livres, des manuscrits, des parchemins et tout autre support d'écriture imaginable. Les bibliothèques peuvent être publiques, privées, scolaires ou encore académiques, et peuvent parfois comporter des archives annexes, pouvant comporter des supports d'informations complètement différents (bandes magnétiques, disques, photos...).

*Les musées : ces lieux rassemblent plutôt les objets qui ne sont pas des supports d'information stricto-sensu, mais des objets qui ont un intérêt scientifique, philosophique, historique et artistique tels que : les œuvres d'arts (arts visuels, sculptures, ruines...), les realia (objets du quotidien tels que du textile, de la monnaie, des outils...), des technologies (véhicules, instruments...) et d'autres artefacts utilisés dans la recherche scientifique (fossiles, animaux empaillés, clichés astronomiques, prototypes, bouteilles de formol, échantillons chimiques, graines...). Les musées sont le plus souvent organisés autour d'un thème ou d'un domaine de recherche particulier.

*Les archives : ces lieux rassemblent des supports éclectiques, et constituent le plus souvent les mémoires matérielles d'organismes particuliers, tels que des entreprises, des institutions publiques, des écoles, des universités, des centres de recherche, des associations, des centres culturels, des centres administratifs etc. Si les informations stockées dans les archives sont le plus souvent de nature

écrite, comme pour les bibliothèques, on peut néanmoins trouver des institutions spécialisées dans la conservation de supports bien précis : enregistrements sonores ou musicaux, films et items audiovisuels, photographies, données numériques, médias optiques (CD, DVD...), médias magnétiques (bandes magnétiques, cassettes...), métaux, papiers particuliers...

*Les datacenter : ces lieux sont spécialisés dans la conservation de données numériques, allant des données brutes aux informations plus abouties, tel que des logiciels, des fichiers informatiques, des communications ou encore des sites Internet, pouvant constituer eux-mêmes des supports multimédia (vidéos, articles, musiques, billets de blog...). Ces lieux sont conçus pour centraliser les informations pouvant être stockées sur des supports à mémoire de masse.

Il est à noter que l'objectif principal d'une institution patrimoniale reste la centralisation des items en eux-mêmes, puisque ce sont ces items qui doivent être maintenus en état, alors qu'une arche de connaissance priorise plutôt la centralisation des informations, et vise plutôt la préservation des connaissances, indépendamment des supports matériels, et ne vise pas forcément le maintien de l'intégrité physique de ces derniers, bien que cela soit tout autant souhaitable.

Certes, une grande partie du patrimoine de l'Humanité ne pourra évidemment pas être rassemblé en un seul endroit, ne serait-ce que parce que comme nous l'évoquions plus tôt, certaines œuvres sont inamovibles. Plus prosaïquement, il serait de toute façon très difficile de rassembler en un seul endroit la majorité des artefacts qui existent, pour des raisons évidentes d'encombrement et de logistique. Mais de toute façon, si l'on centralisait l'ensemble de notre patrimoine à un seul endroit, le risque qu'une catastrophe vienne le réduire à néant serait considérablement accru. Par sécurité, une répartition du patrimoine de l'humanité à travers le globe est bien plus souhaitable, pour assurer qu'une partie au moins de ce patrimoine survive à long terme. En revanche, la centralisation est largement possible, et même souhaitable, lorsqu'il s'agit de stocker des items que l'on peut soit dupliquer sans problèmes, soit numériser sans problème. Nous ne pouvons peut-être pas faire des copies de chaque tableau de chaque musée, mais nous pouvons faire des photographies haute qualité de ces derniers, jointes avec des métadonnées détaillées (titre, date, lieux, support, texture...). Autrement dit, s'il est vain de créer un musée mondial, il est en revanche tout à fait envisageable de créer une bibliothèque mondiale. Cette « bibliothèque » globale peut d'ailleurs ne contenir que des copies ou des versions numériques, voire même ne consister qu'en une bibliothèque numérique. Ainsi, la destruction d'une telle bibliothèque ne poserait pas de problème tant que les autres formes d'archives traditionnelles seraient toujours là. De plus, une bibliothèque numérique, même mondiale, serait plus facile à dupliquer en plusieurs exemplaires à travers la planète, ce qui permettrait d'augmenter grandement les chances de survie des informations stockées, tout en garantissant qu'un maximum de régions différentes à travers le globe aient accès à ces informations. Un autre intérêt de la centralisation, c'est également de simplifier au maximum l'accès à tout notre patrimoine et donc son étude : si un item est absent d'une bibliothèque A mais présent dans une autre bibliothèque B, alors qu'un autre item est absent de A mais présent dans B, cela complique évidemment l'étude parallèle de ces deux items ainsi que leur éventuelle mise en relation. Un patrimoine trop dispersé est un obstacle pour la recherche comparée. L'intérêt d'une bonne centralisation des informations, au-delà de faciliter la préservation de celles-ci, c'est de s'assurer de que toutes les sources d'information produites par l'humanité sont identifiées et disponibles, de cartographier l'intégralité de nos connaissances, et plus globalement de faciliter tout agencement de ces informations.

De plus, un réseau de « bibliothèques mondiales » serait parfaitement complémentaire des réseaux décentralisés déjà existant, en cela qu'elles ne remplaceraient pas les bibliothèques existantes. On peut même attribuer des missions différentes à chacune d'entre elle : les bibliothèques classiques auraient surtout pour but de préserver les items, en tant qu'items (manuscrit, livre, films, parchemins...), en tant

qu'objets de valeur vulnérables, tandis que les bibliothèques mondiales auraient davantage pour but de préserver les connaissances en elle-même. Dans les bibliothèques classiques, on cherche à faire tout le nécessaire pour protéger des objets matériels inestimables et parfois irremplaçables : il s'agit d'une préservation directe. Dans ce cas, la décentralisation est la meilleure stratégie pour favoriser la survie des items à travers le temps. En parallèle, dans une bibliothèque mondiale, on cherche à tout faire pour stocker un maximum d'information, et la protection de celle-ci passe par une conversion dans un support qui soit optimal tant en termes de résistance à l'usure qu'en terme de capacité de stockage : il s'agit d'une préservation indirecte. Dans ce cas-ci, c'est la centralisation qui s'impose comme la meilleure stratégie pour la survie des informations. La bibliothèque classique est là pour nous assurer que des exemplaires de la bible de Gutenberg existeront toujours dans le futur, tandis que la grande bibliothèque mondiale sera là pour nous assurer que le contenu d'une telle bible serait toujours disponible, et que l'on sache qu'elle a existé sous telles ou telles formes par le passé. Encore une fois, ces deux systèmes sont complémentaires l'un de l'autre, ces deux réseaux ont en commun l'objectif de préserver notre patrimoine culturel, et peuvent constituer toutes les deux des variantes d'une grande mémoire épistémique. L'un de ces réseaux serait simplement décentralisé pour assurer la préservation d'un patrimoine matériel, l'autre serait totalement centralisé pour assurer l'exhaustivité du contenu du patrimoine à conserver. Par ailleurs, il existe aussi des « items » qui n'existent pas sous forme matérielle, le patrimoine immatériel : des savoir-faire, des pratiques, des coutumes, des histoires orales, des langues etc. Ces « items » ne peuvent pas être conservés de manière classique, et seule une préservation indirecte est possible. Ces cas sont donc encore plus indiqués pour une centralisation dans une mémoire mondiale que le patrimoine matériel.

Des organismes préexistants faciliteraient la création d'une arche de connaissance

En résumé, pour pouvoir répertorier, classer et centraliser les connaissances, de multiples institutions existent déjà, qu'elles soient privées, publiques ou autre. La plupart de ces organismes sont locaux, c'est-à-dire aptes à gérer les informations trouvables dans une ville donnée, dans une région donnée ou dans un pays donné. Une difficulté dans la centralisation des connaissances peut d'ailleurs aussi résider dans la multiplicité des organismes nationaux, qui peuvent vouloir garder l'exclusivité de la conservation de certains items qui ont une importance dans les pays concernés. Toutefois, il existe des organismes internationaux, ayant la capacité de réaliser d'ambitieux programmes d'indexation et de conservation à l'échelle mondiale. On peut penser notamment à l'UNESCO, qui a déjà réalisé plusieurs projets de mémoire culturelle (décentralisés). Parmi les plus notables : on trouve la création d'un réseau de géoparcs (pour préserver d'importantes réserves naturelles et donc le patrimoine naturel mondial), la collection UNESCO d'œuvres représentatives (pour traduire dans de multiples langues les œuvres les plus emblématiques de chaque pays), la constitution de listes du patrimoine mondial, matériel (notamment pour les monuments, centres historiques, les musées et les sites archéologiques) et immatériel (notamment des archives, des traditions orales et des pratiques culturelles précises), la création d'une bibliothèque numérique mondiale ou encore le projet « mémoire du monde », qui constitue une sorte d'archive mondiale.

Ces deux derniers projets en particulier, se focalisent sur la conservation de quelques œuvres représentatives, mais constitueraient sans doute un très bon socle pour un projet d'arche de connaissance, moyennant une extension de ces projets à la préservation d'items beaucoup plus variés et nombreux. Une « mémoire du monde élargie » pourrait ainsi nous aider à préserver les

connaissances et le patrimoine intellectuel, et ne pas se cantonner exclusivement à la préservation d'une sélection restreinte d'œuvres fondée sur des critères nationaux. Bien sûr, il y aurait plusieurs difficultés dans un tel projet, ne serait-ce que le coût (relativement) important, la volonté des pays de partager des copies de leur patrimoine pour une archive mondiale, ou encore la question délicate des droits d'auteur, à plus forte raison dans le cas d'une centralisation des publications scientifiques ou des œuvres d'arts récentes. Cela dit, dans le cadre d'un projet international soutenu par plusieurs pays différents, il serait probablement beaucoup plus aisé d'obtenir les fonds nécessaires qu'avec plusieurs initiatives séparées plus locales. Il serait plus aisé également d'instaurer un traité mondial pour la réforme du circuit de publication scientifique ou encore de faire en sorte que les différentes juridictions en matière de droits d'auteurs autorisent la copie d'une œuvre si celle-ci est dédiée exclusivement à la sauvegarde à long terme d'une connaissance. Un tel projet aurait beaucoup plus de difficulté à voir le jour si elle émanait d'un organisme privé ou national spécifique, que si elle était à l'initiative d'une agence liée à l'ONU, telle que l'UNESCO. Toujours est-il, que l'UNESCO est sûrement l'organisme qui possède, à l'heure actuelle, le plus de pouvoir pour initier un projet réellement ambitieux d'arche de connaissance, tandis que les initiatives privées et non-gouvernementales plus modestes tendent à se multiplier à travers le monde (Arch Mission Foundation, Long Now Foundation, Memory of Mankind, Internet Archive...) et que des prémises de projets de « bibliothèques universelles » commencent à voir le jour : citons celle de la fondation Wikimedia ; la Bibliothèque Européenne ; le Projet Gutenberg ; le « Global Memory Net » ; la « Digital Public Library of America » ; ou encore le « Chinese Text Project ». Cela signifie que le monde est probablement près pour une arche de connaissance en bonne et due forme.

Une arche doit trouver le bon équilibre en matière d'exhaustivité

Un autre aspect important de la mémoire épistémique, c'est la quantité d'information qui doit être stockée. Jusqu'ici, nous avons fait l'hypothèse implicite que pour garantir la préservation d'un maximum de nos connaissances, nous devons être le plus exhaustif possible : préserver le maximum d'items possibles, créer des copies, même « virtuelles », de tout ce qui a le moindre potentiel scientifique ou culturel, même ténu. Certes, la centralisation de tout notre patrimoine est une tâche très difficile si l'on s'en tient à la conservation des supports matériels (livres, films, bandes, artefacts...) mais la création d'une sorte de bibliothèque mondiale est un peu plus réaliste si celle-ci consiste en une banque d'information numérique. Toutefois, il existe même dans ce cas des limitations pratiques évidentes à la création d'une collection exhaustive des informations. Si l'on met de côté les problématiques liées aux technologies de stockage (que nous aborderons plus loin), les nombreux obstacles à une « bibliothèque universelle » vont des droits d'auteurs à la grande disparité de support à numériser, en passant par l'inaccessibilité de certains items (censure, non-publication, pertes occasionnelles...). Mais surtout, même si l'on parvient à franchir tous ces obstacles et à créer une belle bibliothèque universelle capable de tenir la durée, comment s'assurer que nos descendants parviendront à naviguer dans le gigantesque océan d'information ainsi accumulé ? En d'autres termes, ne faudrait-il pas sélectionner les informations que nous voulons préserver ? Il existe trois sortes de réponses possibles à cette question, qui permettent chacune de dessiner trois grandes approches de ce qu'une arche de connaissance doit être :

*La solution du stockage brut et exhaustif : la mémoire épistémique s'articule autour de l'accumulation du plus grand nombre d'information possible, et sans discrimination entre ces informations. L'inconvénient majeur d'une telle approche, on l'a dit, c'est la complexité du travail de recherche

nécessaire pour quiconque ayant accès à une telle montagne d'information. La moindre fouille d'information équivaldrait à chercher une aiguille dans une botte de foin et nos descendants pourraient donc avoir bien du mal à reconstituer un nouveau socle de connaissance. Il serait également plus difficile de faire le tri entre le vrai et le faux si la moindre idée émise par quiconque est préservée sans distinction. Mais, et c'est là que réside justement le grand avantage d'une mémoire épistémique non sélective, en s'assurant que la moindre idée soit préservée, on augmente aussi la probabilité que les bonnes idées malencontreusement méconnues perdurent. Surtout, on esquivé une grande partie des biais idéologiques qui peuvent intervenir lors d'une sélection : si toutes les hypothèses et toutes les postures philosophiques sont conservées, mêmes les plus bancales, cela réduit le risque que nos descendants soient manipulés par les informations qu'ils pourraient découvrir. D'ailleurs, il faut rappeler que nous ne pouvons pas forcément nous rendre compte à l'instant t de tout ce qui peut avoir un impact important plus tard, de nombreuses œuvres d'art ou découvertes scientifiques considérées aujourd'hui comme importantes sont parfois passées inaperçues en leur temps, jusqu'à même l'oubli total, et il n'est donc pas saugrenu d'imaginer que dans les archives actuelles, il existe des items passés inaperçus que l'on identifiera comme importants dans le futur. Dans le cas particulier des publications scientifiques, on parle d'effet tiroir pour désigner la négligence dans la publication ainsi que la conservation d'articles scientifiques dont les conclusions sont indécises, alors que ces articles sont paradoxalement décisifs pour évaluer l'état des connaissances sur un sujet donné. La règle de l'exhaustivité absolue a donc le mérite de supprimer pas mal de biais de sélection et pour nos descendants, cela se traduirait par une vision assez représentative de notre civilisation et de notre Science.

*La solution d'une sélection non exhaustive : une mémoire épistémique s'articule autour de la priorité donnée aux informations considérées comme « pertinentes » pour la préservation. Le principal intérêt d'une bibliothèque d'information sélective, c'est de faciliter pour les générations futures l'analyse de ces informations. L'avantage d'un nombre limité d'information, outre le fait de faire dépenser moins d'énergie à nos descendants, c'est de pouvoir leur offrir une vision synthétique de notre savoir. Cette solution a aussi le mérite d'être plus praticable avec les technologies actuelles, en attendant l'apparition de nouvelles technologies de stockage d'information. Parmi les informations les plus pertinentes que l'on pourrait entreposer dans une archive sélective, on pourrait préserver en priorité les sources les plus synthétiques (encyclopédies, dictionnaires, atlas...), les sources les plus significatives sur le plan historique et culturel (la mémoire des événements importants, les chefs d'œuvres artistiques, les œuvres les plus populaires, les traités et documents juridiques historiques...), les sources les plus rigoureuses sur le plan scientifique (publications scientifiques sérieuses et méta-études), les sources les plus représentatives de chaque catégorie de support qui existe (sites Internet les plus typiques, article journalistique typique etc.) ou encore que les plus représentatives de chaque époque et chaque espace géographique sur Terre. Tous ces critères n'évitent pas les biais mais ont le mérite de permettre une synthèse de notre patrimoine, qui peut d'ores et déjà constituer une base de travail assez riche pour les générations futures. Un autre critère possible pour la sélection, c'est de focaliser la préservation en priorité sur tout ce qui est vulnérable ou rare en priorité, car rappelons le, certains items (fossiles, manuscrits anciens, sites archéologiques, espèces en voie de disparition, langues, coutumes, œuvre sur le point d'être censurée...) seront à jamais irrécupérables une fois détruits, tandis que nos connaissances les plus générales (mathématiques, physique, astronomie...), si elles étaient perdues, ne le seraient pas forcément de façon irréversible, en théorie. Une bonne arche de connaissance ne serait pas nécessairement une arche de nos connaissances les plus essentielles, mais, contre-intuitivement, une arche de nos connaissances les plus spécifiques, c'est-à-dire aussi les plus éphémères.

*La solution d'un stockage exhaustif mais hiérarchisé : la mémoire épistémique s'articule autour d'une accumulation du plus grand nombre d'information possible, mais ces informations s'articulent les unes par rapport aux autres de façon hiérarchique. Cette approche constitue un compromis entre les deux solutions précédentes, puisque l'on garde l'avantage de ne « rien oublier » tout en gardant aussi l'avantage de rendre plus accessible ce qui est « plus important ». Ainsi, nos connaissances les plus précieuses seraient plus faciles d'accès pour nos descendants que nos informations les plus « inabouties ». Cela reviendrait toujours pour eux à franchir une immense chaîne montagneuse, mais celle-ci serait parsemée d'un réseau de chemins balisés et cartographiés. Cela peut se traduire concrètement de la façon suivante : on peut très bien envisager une archive mondiale telle que les informations les plus importantes soient stockées dans un support A (facile d'accès, facile à décoder, et moins détaillé, par exemple des tablettes d'argiles), qui constituerait une sorte « d'introduction » à notre civilisation. Puis, on peut trouver plus en profondeur de cette archive un support B, contenant une quantité d'information beaucoup plus importante, sur un support un peu plus difficile à déchiffrer (par exemple, des disques optiques), et qui serait de nature plus encyclopédique. Ensuite, on trouverait un support C encore plus loin qui serait une banque d'information très massive et ainsi de suite. Ainsi, si chacun de ses supports contenait des archives audiovisuelles, le support A contiendrait une sélection de photographies, le support B contiendrait une collection de milliers de films et documentaires ainsi que des milliers de documents vidéo historiques, et le support C serait l'équivalent d'une archive audiovisuelle universelle contenant le maximum de documents possibles (reportage, clips, publicités, émissions TV, films à petit budget...) et leurs métadonnées associées.

Toutes ces approches d'arches de connaissances sont autant d'écoles parfaitement complémentaires les unes les autres. La multiplicité des projets offrirait une meilleure garantie que l'un d'entre eux survive sur le très long terme.

Il existe de nombreux critères pertinents de sélection du patrimoine intellectuel

Dans le cas d'un projet d'arche de connaissance qui aurait recours à de la sélection ou à de la hiérarchisation de l'information, la liste des critères permettant ces opérations va être un choix crucial. En effet, la grosse difficulté d'une sélection, outre le fait de prendre le risque de mettre au second plan des informations pourtant cruciales, c'est aussi de fournir une vision potentiellement biaisée de notre civilisation aux générations futures. Cette question s'était par exemple posée à la NASA pour la création du Voyager Golden Record en 1977, un disque contenant une sélection d'images, de musiques et de paroles en plusieurs langues. Il avait par exemple été fait le choix de ne pas montrer d'images « négatives » (scènes de guerres, événements historiques tragiques...) de l'espèce humaine, et donc de retenir entre autres les photographies de planètes, de villes, de scènes de vies, de véhicules ou encore d'œuvres d'art. Cette démarche peut poser question car elle ne dresse pas un tableau très représentatif de notre civilisation industrielle, dont les exploits n'ont eu d'égal que les atrocités. On pourrait même ajouter que la préservation de la connaissance de ces atrocités pourrait être utile pour les générations futures, que ces derniers gagneraient à être au courant des risques qu'ils encourent s'ils redécouvrent une technologie particulière (énergie nucléaire, machines émettrices de gaz à effet de serre, informatique, chimie organique...) ou s'ils adoptent une combinaison de politiques similaire à celles qui ont pu mener à des événements tragiques par le passé. Ainsi, parmi les connaissances qui relèveraient de l'Histoire, les événements tragiques compteraient probablement parmi les connaissances prioritaires dans la sélection.

Pour ce qui est des connaissances scientifiques, il pourrait être tentant de prioriser les articles scientifiques les plus décisifs (par exemple, ceux portant sur la physique quantique, la sélection naturelle, la théorie de la relativité générale, le théorème d'incomplétude de Godel etc.). Mais, on l'a dit, certaines publications n'ont pas eut de retentissement immédiatement après leur parution, ce qui implique qu'une sélection d'ouvrage scientifique ne devrait pas être trop discriminante, pour ne pas que des articles majeurs mais oubliés passent entre les mailles du filet de la préservation. Par ailleurs, il existe de nombreux domaines qui sont encore mal connus des scientifiques, voire qui ne peuvent pas vraiment faire l'objet d'une démarche scientifique (métaphysique, éthique, idéologies, esthétique...), alors qu'il s'agit de domaines majeurs de la pensée humaine, qui impliquent énormément de pistes de réflexions sur le sens de l'existence, l'origine du monde, le bien et le mal, la recherche du bonheur, la beauté, et bien d'autres questions existentielles plus ou moins universelles. Autrement dit, quitte à préserver des connaissances scientifiques qui n'ont pas toutes le même degré de fiabilité, cela vaudrait le coup de chercher à préserver aussi des ouvrages plus philosophiques ou spéculatifs, dont les enseignements peuvent compléter ceux des Sciences.

En outre, il existe aussi une catégorie bien particulière d'ouvrages qui pourrait faire l'objet d'une attention particulière : les encyclopédies. Une encyclopédie, c'est une œuvre littéraire constitué d'une multitude d'articles portant sur un maximum de thèmes, de concepts ou de personnes possibles. Chaque article ne constitue pas un savoir exhaustif du sujet dont il parle, mais malgré sa nature concise, il peut contenir une majorité d'informations clés sur le sujet abordé (définitions, caractéristiques principales, classification, relations...) et a le mérite d'être beaucoup plus accessible pour le grand public qu'une publication scientifique ou un essai philosophique. Par conséquent, si une encyclopédie est réussie, elle peut constituer une excellente synthèse de toutes nos connaissances, qu'elles soient au stade d'idées, de questions, de faits établis ou de doctrines. Comme il existe par ailleurs plusieurs encyclopédies, avec parfois des philosophies de rédaction différentes (encyclopédies d'experts comme l'Encyclopedia Britannica, encyclopédies s'appuyant sur le savoir collectif du grand public comme Wikipedia, encyclopédies spécialisées dans un domaine précis comme l'encyclopédie de Stanford pour la philosophie etc.), les risques d'erreurs au sein d'un article peuvent être compensés par l'existence de multiples articles alternatifs autour du même sujet. Si les encyclopédies ne constituent pas en soi une mémoire épistémique exhaustive, elles donnent une vision d'ensemble suffisamment complète de nos savoirs, à plus fortes raisons si elles sont accompagnées d'autres ouvrages de synthèses tels que des atlas, des cartes, des dictionnaires, des tables de données ou encore des graphes. En somme, là où une mémoire épistémique exhaustive serait une source d'information importante pour des études dites idiographiques, une mémoire épistémique sélective et encyclopédique serait une source d'informations utile pour des études dites nomothétiques.

Enfin, pour ce qui est du patrimoine culturel au sens large, aussi bien intangible que tangible, aussi bien inamovible qu'amovible, il y a là encore de nombreuses pistes possibles de critères de sélection. On en déjà évoqué quelques-uns auparavant : la rareté, l'état de conservation, la répliquabilité, le caractère représentatif d'une catégorie d'items bien spécifiques, entre autres choses. Dans le cas des œuvres d'arts, on peut aussi penser au cas des chefs d'œuvres, c'est-à-dire les œuvres d'art considérées comme des pièces maîtresses dans leur domaine (genre, époque, culture, courant artistique, auteur, style...). Bien entendu, on retrouve le même problème qu'avec les publications scientifiques, à savoir le fait que l'importance historique d'une œuvre peut varier au cours du temps, et donc que sélectionner des œuvres peut faire tomber de potentielles œuvres majeures dans l'oubli. Le problème est même exacerbé par le fait que les critères esthétiques permettant de définir un « chef d'œuvres » sont bien plus arbitraires que ceux permettant de définir la rigueur scientifique d'un article. On peut au moins limiter le problème en cherchant à créer une sélection dans laquelle le plus grand nombre possible de courants artistiques, de genres, de nationalités, d'époques etc. soient représentés. Même chose pour

la section du patrimoine qui ne relève pas des arts à proprement parler : toute documentation de modes de vies, de techniques, de métiers, de coutumes, de langues et bien d'autres aspects de la culture ne doit laisser de côté aucun peuple, aucune époque, ni aucun milieu social. Au passage, il ne faudrait pas négliger la préservation de tout ce qui peut être considéré comme non-artistique, puisque d'une part, l'Art n'est qu'une portion de la culture, et d'autre part, l'Art est un concept aux contours assez flous et fluctuants au cours du temps : certaines activités considérées comme artistiques pendant un temps, ne l'ont plus été à une autre période, ou le sont redevenues par la suite. Toujours est-il que même sélective, une arche de connaissance est d'autant plus pertinente qu'elle couvre des domaines très variés et très différents. Il est d'ailleurs aussi envisageable de faire coexister une multitude de mémoires thématiques (artistique, philosophique, scientifique, historique...) voire même locales (régionales, ethniques et/ou nationales) pour constituer une telle arche.

La technologie est désormais disponible pour de stocker un maximum de connaissances

Que l'on décide de stocker une quantité sélective ou non d'information, cette quantité va probablement être gigantesque. Par conséquent, il faudra trouver une solution technologique adaptée, c'est-à-dire un support d'information avec une capacité de stockage maximale. Avant l'ère industrielle, les méthodes de stockage étaient très limitées : n'importe quel support matériel sur lequel on pouvait écrire pouvait faire l'affaire (cuir, écorce, carapace de tortue, pierre, tablette d'argile...). Celui qui s'est le mieux imposé, c'est bien entendu le papier, en raison de sa praticité (le support est léger et peu épais, ce qui limite l'encombrement) ainsi que de sa relative facilité de duplication, surtout suite à l'invention de l'imprimerie. D'ailleurs, le développement des Sciences est corrélé avec l'avènement de cette dernière innovation. Seulement voilà, malgré ses avantages, le papier, et par extension le livre, n'ont pas un volume négligeable, et l'accumulation de papier a imposé une contrainte majeure, celle de devoir construire des bâtiments dédiés au stockage et à la conservation des livres, dont la taille et le nombre se sont décuplés au fil du temps. Au milieu du 20^e siècle, certaines estimations de l'époque indiquaient que la taille des bibliothèques devrait doubler tous les 16 ans si l'on voulait continuer de stocker la totalité des livres et autres écrits produits dans le monde. Dès cette époque, on avait pressenti qu'une miniaturisation des supports d'information allait être nécessaire pour éviter que les bibliothèques du monde débordent de livres. Les microfilms et les photographies microformes étaient une première piste envisagée pour concentrer l'information contenu dans un livre dans un support plus petit, donc moins encombrant. Mais la révolution numérique a permis de résoudre provisoirement le problème avec l'apparition de la mémoire informatique, dont les capacités de stockage étaient largement supérieures à tout ce qui a précédé. De plus, le rythme des innovations en matière d'informatique est à même de suivre le rythme de l'accroissement de l'information. Si la puissance de calcul des ordinateurs a doublé tous les 2 ans depuis le milieu du 20^e siècle (Loi de Moore), la capacité de stockage a doublé au même rythme, en raison de la miniaturisation des transistors, et donc, de leur multiplication au sein d'un seul ordinateur. La capacité de stockage suit donc une autre loi, la loi de Kryder, très similaire à la loi de Moore, c'est-à-dire qu'elle augmente de façon exponentielle au cours du temps. Résultat, la quantité d'information produite sur Terre en 2023 était de 120 zettaoctets, soit mille milliards de milliards d'octets, ce qui équivaut à une pile de livre de 16 200 milliards de km de long (à titre de comparaison, une année-lumière équivaut à une distance de 9461 milliards de km). Il est évident que la totalité des bibliothèques de la Terre serait bien incapable de stocker une pareille masse d'information. Toutefois, ce volume reste si élevé qu'il faut tout de même des milliers de data

center (contenant eux-mêmes des milliers de serveurs) pour pouvoir stocker la totalité des informations disponibles sur la planète. De plus, ces data centers sont mobilisés pour de nombreuses tâches (réseaux sociaux, communication, bourse, AI...) et sont très gourmands en énergie, ce qui constitue donc la nouvelle limite supérieure à la centralisation des informations. Par conséquent, même encore de nos jours, la création d'une mémoire épistémique exhaustive ne semble pas réalisable avec des solutions techniques existantes, et tout projet d'arche de connaissance est condamné à être sélectif ou à être décentralisé, c'est-à-dire à être constitué de plusieurs supports de stockage dispersés aux quatre coins du globe.

Cela dit, les progrès technologiques continuent, et il y a encore de l'espoir pour que la miniaturisation des composants informatiques soit tellement fine qu'elle atteigne un niveau moléculaire. Il y a notamment deux pistes prometteuses pour repousser drastiquement les limites de la miniaturisation, à savoir les nanotechnologies d'une part, et le stockage sur brins d'ADN artificiels d'autre part. Comme pour un support traditionnel, on stocke les informations sous forme de bits informatiques, pouvant prendre la valeur « 1 » ou « 0 », et ces « 1 » et « 0 » étaient liés à des composants électroniques qui avaient une taille donnée. Mais avec les nanotechnologies et l'ADN, ces « 1 » et « 0 » pourraient désormais avoir la taille d'une molécule, voire d'un atome. Pour donner un ordre d'idée, une molécule d'ADN possède un diamètre de 2 nm (1 nm = 0,000000001 m) et chaque « morceau » élémentaire de la molécule (nucléotide) fait 0,33 nm de long. Si l'on reprend la pile de livre de 16 200 milliards de km de long et qu'on suppose que chaque paire de nucléotide peut accueillir 2 bits (0,25 octets), il nous faudrait une molécule de 43000 km (soit plus de 10% de la distance Terre-Lune). Cette distance peut sembler encore très grande, mais chaque chromosome humain possède 220 millions de paires de nucléotides réparties sur une longueur de 7 cm, et l'être humain possède 24 chromosomes par cellule. Dans l'absolu, on pourrait stocker l'intégralité de l'information produite sur Terre en 2024 dans les brins d'ADN contenus dans un volume inférieur à celui d'un corps humain. La technologie du stockage dans l'ADN est encore en plein développement, il reste quelques obstacles techniques qui empêchent la démocratisation de cette technique pour les activités courantes (notamment la faible vitesse d'écriture et de lecture), mais des équipes de chercheurs sont désormais capable de stocker l'intégralité du contenu du Wikipédia anglais (2 Giga-octets) dans des brins d'ADN, ce qui est déjà suffisant pour envisager l'existence d'une nouvelle catégorie de data center, dont le volume serait très faible, et dont le but ne serait pas de remplacer les data centers existants pour continuer à faire fonctionner Internet, mais pour créer une sorte de boîte noire d'Internet à un instant t, non consultée et mise à jour régulièrement. Autrement dit, le stockage d'ADN serait une solution satisfaisante à des fins d'archivage numérique. Rien qu'en décidant de stocker uniquement le contenu des encyclopédies existantes (pas seulement Wikipédia), nous pourrions déjà créer une mémoire épistémique gigantesque en mobilisant un espace ridiculement faible, sans mobiliser une énergie et un investissement considérable en amont. Chaque bibliothèque, chaque archive, chaque musée ou autre, pourrait même créer sa propre boîte noire, en faisant appel à un support qui tiendrait au creux de la main. Si on mettait bout à bout chaque archive ADN issue de chaque institution patrimoniale, on obtiendrait une sorte de bibliothèque universelle, pas particulièrement volumineuse, mais particulièrement dense en information, ce qui serait un bon départ pour un projet d'arche de connaissance, certes décentralisé, mais exhaustif. A noter que depuis 2024, il existe d'ores et déjà une « bibliothèque lunaire » à bord de la sonde lunaire odyssée dont le contenu est constitué d'une vingtaine de livre et de 10000 images codés dans des brins d'ADN, ainsi que d'autres informations dans d'autres supports, un projet que l'on doit à l'Arch Mission Foundation.

Un projet d'arche de connaissance aurait des retombées technologiques

En plus des technologies liées à l'ADN et des nanotechnologies, d'autres solutions de stockage d'information en masse sont en phase de développement. C'est le cas par exemple des disques optiques 5D, dont l'existence s'appuie même sur la promesse d'une longévité exceptionnelle, un critère important pour une arche de connaissance, ce dont on aura l'occasion de reparler plus loin. D'autres technologies incluent le stockage holographique, ou encore l'utilisation de matériaux avancés (PCM, verres ou céramiques) dans lesquels on effectue des micro-gravures. Certains projets d'arches de connaissances mobilisent d'ailleurs certaines de ces technologies émergentes, tel que le projet « Rosetta » de la « The Long Now Foundation » ou encore l'exemple médiatique du disque optique 5D contenant un exemplaire du cycle Fondation d'Asimov, à bord d'une voiture envoyée dans l'espace en 2018. Beaucoup de ces technologies sont encore à un stade de développement peu avancé, et le marché des nouvelles technologies de stockage est encore assez petit au moment où ses lignes sont écrites. L'ADN semble être la technologie la plus prometteuse dans la mesure où de nombreuses entreprises sont intéressées et que le montant total des investissements (R&D, startups, séquençage, équipements...) se chiffre entre plusieurs dizaines et plusieurs centaines de millions de dollars. Une goutte d'eau par rapport à d'autres technologies telles que l'IA, le nucléaire ou le spatial, mais aussi un montant largement supérieur à ce que les quelques centres de recherche investissent dans le disque optique 5D.

Toujours est-il, que le stockage d'information est un enjeu important pour la société actuelle : rappelons que notre civilisation industrielle dépend désormais de l'information et de la connaissance. Les limites physiques imposées par les centres de données (encombrement, énergie, entretien...) combinées à la hausse exponentielle des données numériques vont générer un fardeau de plus en plus considérable dans les années à venir. Par conséquent, il est inévitable que l'industrie s'intéresse à tout ceci, ce qui peut aussi signifier que les investisseurs ont peu de risques à prendre à soutenir des projets à forte valeur symbolique qui seront les étendards de ces innovations. Une arche de connaissance serait à la fois une occasion de tester ses nouvelles technologies d'une façon « spectaculaire » tout en préparant le terrain à d'autres applications plus concrètes : améliorations des data center et du cloud computing, innovations en photonique, en optique, en biotechnologies, utilisations dans le secteur spatial, dans la défense etc. Autrement dit, une arche de connaissance serait à la fois un coup de projecteur et une démonstration de faisabilité de ces nouvelles technologies, avant une éventuelle démocratisation, tout ceci à un coût relativement peu prohibitif. Enfin, l'archivage pourrait probablement être un des premiers cas d'utilisation des nouvelles technologies de stockage d'information, pour la simple raison que l'une des principales limites actuelles de ces technologies, sont la vitesse d'écriture, et surtout, de lecture, qui n'égale pas pour le moment celui des supports numériques traditionnels. Comme certaines archives ne sont pas forcément faites pour être consultées régulièrement (pour faciliter la préservation notamment), alors la « lenteur » des nouvelles technologies ne constituait pas un inconvénient majeur pour cette utilisation. Les arches de connaissances pourraient très bien devenir l'avant-garde des supports optiques 5D, holographiques, nanométriques ou génétiques, avant la maturation de ces technologies, tandis que le fait que des applications soient déjà possible pourrait aider le financement de la recherche et développement dans ces domaines.

Nos connaissances sont réparties sur une trop grande variété de supports

Les nouvelles technologies de stockage d'information présentent une aubaine pour la constitution d'une arche de connaissance massive et plus ou moins centralisée. Mais un autre intérêt de ces supports réside aussi dans le fait que l'entretien nécessaire pour la préservation de ceux-ci est minimal. L'une des plus grandes difficultés actuelles pour préserver le patrimoine, c'est que non seulement la quantité d'items à conserver est considérable, mais en plus, tous ces items ont des formes très variées, ce qui implique donc des conditions de conservation tout aussi variées (température, sécurité, exposition à la lumière, contamination...). De nouvelles technologies de stockage seraient l'occasion de mettre en place des archives d'un genre nouveau, pour lesquels il n'y aurait besoin que de peu ou pas d'intervention humaine, ainsi que du minimum de protection contre les agressions extérieures, le tout en faisant appel à un support « universel », qui seraient taillé pour tout type d'information : écriture, bande sonore, audiovisuel, fichier numérique, modèle 3D, photographies... Un support standardisé unique pourrait donc être utilisé pour une arche de connaissance, supprimant les inconvénients de la préservation avec les méthodes actuelles. De nos jours, la grande diversité des supports d'information implique aussi la grande diversité des institutions dédiés à leur préservation tandis que l'indexation des items préservés constitue un défi majeur en soi. Cette variété peut se manifester à plusieurs niveaux :

*Niveau fondamental : l'item de patrimoine, c'est-à-dire la chose que l'on cherche à préserver. Il en existe deux sortes : les items duplicables et les items non duplicables. Dans la dernière catégorie, on trouve d'une part les objets matériels qui ne peuvent être reproduit et remplacés en cas de destruction, notamment le patrimoine architectural (les monuments, les villages, les villes, les grands ouvrages...), le patrimoine archéologique (les sites archéologiques ou paléontologiques ainsi que leur contenu : ruines, fossiles, capsules temporelles, traces...) et le patrimoine naturel (les paysages, les espèces vivantes, les formations géologiques intéressantes, voire même les planètes et les astres). C'est ce qu'on appelle également le patrimoine « inamovible ». D'autre part, on trouve le patrimoine que l'on qualifiera d'immatériel, c'est le cas de toutes les traditions et tous les phénomènes sociaux qui ne passent pas par un support matériel à proprement parler (tout au plus, un signal physique éphémère) : les arts représentatifs (scènes de théâtres, danse, rituels...), les traditions orales (contes, légendes, mythes fondateurs, langues...), les traditions culinaires, la musique ou encore bien d'autres phénomènes sociaux (métiers, sports, loisirs, comportements, valeurs, croyances...), ou même naturels que l'on a pu identifier. On comprend que pour cette catégorie, les items non duplicables, la préservation sur le long terme est délicate, les items en question étant encombrants, intangibles ou singuliers. C'est là que l'on voit l'intérêt d'une arche de connaissance dédiée à la préservation de l'information plutôt qu'à la préservation directe du patrimoine : tous les items non duplicables le deviennent virtuellement, tout en devenant reproductibles au passage, sous forme de modèles 3D, photographies, documentation filmée, simulation informatique, enregistrements sonores etc.

*Niveau secondaire : l'objet du patrimoine. Parmi tous les items tangibles et reproductibles, on trouve encore deux grandes catégories : les supports d'information, et les sources d'information. Dans la première catégorie, on trouve tout ce qui est utilisé par l'être humain pour « écrire », pour convertir une information (image, texte, son...) en quelque chose pouvant durer un certain temps : la photographie pour l'image, le livre pour le texte, l'enregistrement sonore pour le son... Dans certains cas, ces supports relèvent du patrimoine artistique : tableaux, sculptures, partition, films de cinéma etc. et ils sont alors à la frontière entre objets duplicables (reproductibles dans l'absolu) et non duplicables (car uniques et inestimables). Certains objets ne sont pas conçus pour contenir de

l'information, mais peuvent être préservés malgré tout, parce qu'ils sont des artefacts intéressants à plus d'un titre. Ce sont ce qu'on appelle des *realia* : la monnaie, les outils, les inventions, les herbiers, les horloges les véhicules, les poteries, le mobilier, les substances chimiques ou culinaires, les graines, les vêtements et tant d'autres objets encore. Ici, la préservation à long terme des objets n'est pas limitée par la non-reproductibilité, mais plutôt par la fragilité de ces objets, qui peut varier considérablement selon sa nature, ainsi que par la grande variété de méthodes qui doivent être mises en place pour restaurer ces objets. Quant à la copie, celle-ci est limitée par le risque que l'objet recréé ne soit pas totalement identique à son modèle.

*Niveau tertiaire : l'information. On peut classer les informations en fonction du type de support (livre, disque, film...) mais on peut aussi classer l'information en fonction du contenu de l'information en elle-même (scientifique, artistique, philosophique, religieux, politique, mondain...) ou même en fonction de la forme de l'information (image, volume, mouvement, texte, discours, musique...). Au-delà du support d'information en lui-même qui peut, en soi, faire l'objet d'une préservation sur le long terme, il y a l'information elle-même. L'enjeu d'une approche de la préservation reposant sur l'information plutôt que l'objet, c'est donc la sauvegarde d'un élément intellectuel, indépendamment du support. La philosophie d'une telle approche, c'est de préserver la connaissance proprement dite, et plus globalement les données, les idées, les mots etc. et d'accepter le caractère éphémère de la plupart des outils que nous utilisons aujourd'hui pour garder des traces de tout ce que nous faisons. De plus, il y a des éléments de patrimoine qui n'ont d'intérêt que sous forme d'information : notamment la littérature (ce ne sont pas les livres en eux-mêmes mais les écrits qui sont appréciés pour leur valeur artistique ou intellectuelle) et les arts numériques (animation 3D, conception de sites web, jeux vidéo etc.). Ici, la limite de la copie repose surtout dans la qualité de l'information stockée, quand celle-ci est copiée un grand nombre de fois et qu'elle circule de source en source.

On en revient ainsi au défi du répertoriage et de la centralisation, dont les stratégies varient en fait selon ces trois niveaux. Si ce que l'on cherche à préserver avant tout, ce sont les items, le moindre élément de notre Univers ou de notre civilisation ayant pu faire l'objet d'un examen de notre espèce, alors il faut pouvoir « virtualiser » tous les items qui ne pourront plus être reproduits à l'identique à l'avenir, les convertir en information. Si ce sont en particulier les objets qui nous intéressent, alors la préservation doit être adaptée en fonction de chaque type d'objet et de support, et notre mémoire épistémique prend soudainement une apparence très protéiforme, et il ne sera donc pas possible d'uniformiser les méthodes de préservation. Si ce sont les informations qui nous intéressent, alors, au contraire, notre mémoire épistémique pourra recourir à des supports qui soient les plus standardisées possible afin de pouvoir faciliter la préservation (moyennant des méthodes de préservation qui ne feront pas l'objet d'une obsolescence technique), et prendre en compte la nature de l'information en elle-même (le fond et la forme). Ces formes de préservations sont complémentaires : une préservation orientée sur l'information peut arriver à ses limites si l'information à préserver est copiée un grand nombre de fois, sans « remastering », d'où l'intérêt de conjuguer la préservation de l'information avec la préservation des items comportant ces informations. A contrario, la préservation orientée sur l'item présente l'inconvénient qu'en cas de perte d'item, cette perte soit irréversible, à moins que l'item ait pu être reproduit virtuellement. Les arches de connaissances et autres bibliothèques « universelles » auront donc toujours besoin d'exister de concert avec les institutions patrimoniales traditionnelles.

La numérisation rend possible la création d'une arche de connaissance massive

Toujours est-il que pour les institutions patrimoniales actuelles, une préservation complète de ce qui peut l'être reste un défi immense à relever, au vu de l'immense diversité des supports que nous venons de passer en revue : il faut mobiliser des compétences différentes, des méthodes différentes, des installations différentes, il faut s'adapter selon les matériaux utilisés, il faut maintenir la capacité à décoder certains types d'items (têtes de lecture pour les vinyles, ordinateurs pour les sites Internet), sans compter la capacité à déchiffrer toutes sortes de langues et de systèmes d'écriture. Aussi, pour le très long terme, cette diversité des supports peut constituer un obstacle sérieux pour nos descendants (si tant est que nos supports soient toujours disponibles dans un futur lointain). L'arche de connaissance a donc pour ambition de contourner ce problème à travers la numérisation, et ce, sur un support standardisé.

La numérisation consiste en la « conversion » du contenu de n'importe quel support matériel en une version « virtuelle » de ce celui-ci : on peut par exemple obtenir une photographie numérique à partir d'une photographie imprimée, créer un modèle 3D d'un objet qui a été préalablement scanné, convertir le contenu d'un livre en fichiers textes ou en page web etc. La pratique de l'archivage numérique obéit à plusieurs objectifs, d'une part, cela permet de créer une « sauvegarde » de chaque item de patrimoine que l'on aura numérisé, donc de préserver d'une certaine façon cet objet même après sa destruction. D'autre part, cela facilite aussi la préservation du patrimoine intangible ainsi que celle du patrimoine inamovible, que nous évoquions plus tôt. On ne peut pas mettre à l'abri une cathédrale ou une danse rituelle, mais on peut tout de même facilement conserver une archive numérique de celles-ci. Avant l'outil informatique, ce n'était possible que de façon très parcellaire. On pouvait faire des gravures ou des photographies des monuments, on pouvait faire un compte-rendu descriptif des traditions observées dans telle ou telle culture, on pouvait faire des maquettes ou des représentations artistiques. Seulement, d'une part, toutes ces méthodes sont très variées (donc on retrouve le problème de la préservation fastidieuse de supports trop variés), et d'autre part, elles ne permettaient pas forcément de retranscrire très fidèlement les items qu'elles représentaient. Une photographie ne permet pas toujours de connaître l'agencement d'un bâtiment à la brique près, elle peut être floue, avoir une mauvaise résolution ou être en noir et blanc, et une photographie ne peut le plus souvent préserver l'information que dans la lumière visible, et pas dans les autres domaines du spectre électromagnétique. De même, un compte rendu détaillé peut passer à côté de certains détails, peut contenir des commentaires subjectifs, et ne vaudra pas une captation, par exemple à l'aide d'une caméra numérique. Pour la préservation des produits culturels plus « invisibles » (les systèmes de valeurs, de définitions, de sens, de croyances...), la difficulté sera toujours la même, numérique ou non. Mais grâce au numérique, on peut à minima stocker beaucoup plus de données, donc on peut se permettre d'être beaucoup plus précis et plus rigoureux, en l'absence d'une limite technique nous obligeant à la concision. Et puis, en pouvant conserver des informations de nature radicalement différente (visuelle, textuelle, audiovisuelle, sonore ou autre) sur un même support, un même format, on rend possible l'existence d'une mémoire informative centralisée en un seul lieu. Nos descendants auront toujours besoin de déchiffrer les informations numériques, mais elles n'auront dès lors pas besoin de plancher sur une multitude de technologies différentes pour pouvoir le faire.

Par conséquent, avec tous les avantages du stockage numérique, les projets de numérisation de masse se sont multipliés ces dernières années (Google Books, Projet Gutenberg...) : des bases de données et des serveurs sont désormais dédiés à la préservation de millions de livres, de millions de morceaux musicaux, de centaines de milliers de films et bien d'autres archives iconographiques et audiovisuelles. Des initiatives comme « Google Street View » permettent de conserver la mémoire de nombreux lieux géographiques sur Terre (rues, extérieur des bâtiments, paysages...), donc d'une partie du patrimoine inamovible. On commence aussi à créer des « musées virtuels », dans lesquels on peut trouver le contenu numérisé des musées traditionnels, et on multiplie les initiatives pour scanner le plus possible

d'artefacts, de traces de fouilles archéologiques ou d'objets plus ou moins éphémères. Il existe même des projets de numérisation focalisée sur la sauvegarde des cultures minoritaires, voire en voie de disparition, des projets comme « Gi-gikinomaage-min » pour les amérindiens ou encore « SAADA » pour les asio-américains, avec tout ce que cela implique de problématiques pour inventorier de façon adéquate tout ce qui peut représenter une culture (discours, idées, folklore, histoires vivantes, modes de vie etc.). En somme, la numérisation a permis l'apparition d'une « mémoire de masse », beaucoup plus exhaustive que toutes les autres formes de mémoires traditionnelles, facilitant la sauvegarde de l'héritage culturel de nombreuses civilisations, ainsi que la sauvegarde des connaissances accumulées dans le monde entier.

Le principal obstacle à l'exhaustivité reste juridique

Pour en finir avec la question de la centralisation de toutes nos connaissances, il reste une problématique majeure que nous n'avons pas encore évoqué jusqu'ici : les droits d'auteurs. Si certaines encyclopédies comme Wikipédia et certains éléments de notre patrimoine (notamment les plus anciens) ne sont pas concernées, la plupart des ouvrages -scientifiques ou non- sont soumis à des droits d'auteurs. Ce qui signifie très concrètement que l'on ne peut pas copier, pas partager et pas diffuser les ouvrages concernés. Si cela ne pose pas nécessairement problème pour les arches de connaissances sélectives, celles qui ont pour philosophie de préserver une synthèse de nos connaissances plutôt que l'exhaustivité, pour les projets d'arches se voulant plus complets, cela devient un obstacle pour différentes raisons :

*Dans le cas d'un projet d'arche de connaissance qui prendrait la forme d'une collection privée, le mécène qui mettrait en place un tel projet devra dans le meilleur des cas demander l'autorisation aux ayants droits de garder dans sa collection une copie de chaque œuvre, et dans le pire des cas, il devra payer pour obtenir cette copie. Comme on parle ici de préservation du plus grand nombre d'œuvre possible, cela peut vite faire grimper en flèche l'investissement nécessaire pour réaliser cette arche de connaissance. A noter qu'une fois que les copies ont été obtenues, celles-ci peuvent être numérisées sans problème, elles ne peuvent juste pas être partagées et diffusées au plus grand nombre, mais comme ce n'est pas l'objectif d'une arche de connaissance, cela ne constitue pas vraiment un inconvénient en soi. Toujours est-il qu'une collection à la fois privée et exhaustive d'œuvre semble peu viable, et un mécène qui se mettrait en tête de collectionner un maximum de copies d'œuvres se retrouverait vite obligé de limiter son ambition et de se contenter de rassembler une sélection d'ouvrages. On en revient alors à la problématique du choix d'un critère de sélection, abordé plus tôt

*Dans le cas d'un projet d'arche de connaissance qui prendrait la forme d'une archive privée, on se retrouverait à peu près dans le même cas de figure que le précédent : l'archive devra nécessairement payer pour obtenir des copies des œuvres soumises à des droits d'auteurs. A noter par ailleurs qu'une personne morale (entreprise, association, ONG...) dispose d'un statut juridique différent des institutions patrimoniales et des particuliers, notamment l'impossibilité pour elles de reproduire et de numériser des d'œuvres soumises aux droits d'auteurs. Là encore, pour un projet d'arche émanant d'une entreprise privée, la recherche d'exhaustivité risque d'être impossible.

*Dans le cas d'un projet d'arche de connaissance qui bénéficierait du statut d'institution patrimoniale, il existe des règles très différentes concernant les droits d'auteurs. En effet, dans la plupart des pays, la juridiction oblige les œuvres soumises à des droits d'auteurs à envoyer une copie à la bibliothèque nationale du pays, ou à tout autre institution équivalente selon la nature de l'œuvre. Cela signifie que

les bibliothèques, les musées, les archives publiques et autres n'ont pas forcément besoin de payer tous les items qu'ils rassemblent. De plus, les institutions patrimoniales disposent de « privilèges » telles que le droit à la reproduction et à la numérisation, à condition que celles-ci se justifient par la préservation. A première vue, une bibliothèque légalement reconnue qui se transformerait en bibliothèque « universelle » collectant l'ensemble des connaissances du monde serait soudain plus réaliste. Cependant, il existe tout de même encore deux obstacles majeurs. Le premier, c'est que la juridiction en matière de droit d'auteur n'est pas tout à fait la même d'un pays à un autre. Cela signifie notamment que pour une institution patrimoniale, il est parfois théoriquement possible de collectionner quasi-gratuitement l'ensemble des œuvres du pays dans lequel elle se trouve, mais ce n'est pas systématique, et surtout, cela implique que pour les œuvres en provenance des autres pays, il faut tout de même des autorisations et des paiements. Le deuxième obstacle, c'est que l'institution patrimoniale a l'obligation de tout faire pour préserver les œuvres qu'elle possède, ce qui paradoxalement, peut créer un certain nombre de contraintes pour la constitution d'une bibliothèque universelle. Une institution patrimoniale est notamment obligée de conserver sa collection dans un lieu accessible, et qu'elle doit être à tout instant en mesure de récupérer son contenu. Et cela vaut aussi bien pour des items originaux que pour des copies -numériques ou non. Mais du coup, cette contrainte d'accessibilité implique qu'un projet d'arche émanant d'une institution patrimoniale ne peut pas être envoyé dans l'espace, ou qu'elle ne peut pas être enfouie sous terre pour une durée très longue, ce qui est en revanche tout à fait envisageable pour une initiative privée. Pour résumer, une bibliothèque nationale ultime est envisageable, mais celle-ci ne serait pas universelle et n'aurait pas une grande liberté de manœuvre concernant les méthodes de préservation à très long terme.

Pour toutes ces raisons, la plupart des projets d'arches de connaissances qui ont vu le jour ces dernières années (bibliothèque lunaire, Memory of Mankind, Knowledge Vault...) n'ont pas encore l'ambition de devenir des bibliothèques « ultimes », et se contentent de centraliser des livres, des articles encyclopédiques ainsi que des images libres de droits, éventuellement complétés par une poignée d'œuvres payantes, faute de mieux. Pour qu'un projet d'arche de connaissance exhaustif soit envisageable, il y a trois solutions possibles. La première, c'est de changer légèrement la juridiction en matière de droit d'auteur pour créer un statut particulier pour les « arches de connaissance », qui leur donnerait toujours des devoirs (l'autorisation des ayants droits, des garanties concernant la préservation, l'interdiction à la diffusion...) mais aussi des privilèges plus importants que les institutions patrimoniales, tels qu'un droit à la copie numérique élargi ou encore la possibilité de ne rendre accessible les œuvres conservées que pour les générations futures lointaines. Une arche de connaissance aurait ainsi le droit de créer des copies numériques de n'importe quelle œuvre, sans paiement obligatoire, et le droit de rendre ces copies numériques irrécupérables, à conditions que cela ne concerne justement que des copies numériques, et pas des copies physiques ou même directement des items originaux. Une autre stratégie possible pour contourner le problème des droits d'auteurs, c'est que les ayants droits du monde entier ne soient plus seulement obligés d'envoyer une copie de leurs œuvres aux institutions patrimoniales du pays concerné, mais de le faire également à une sorte d'organisme international qui serait chargé d'indexer le patrimoine intellectuel et culturel du monde (peut être supervisé par l'UNESCO par exemple). Comme ce serait impossible physiquement pour une telle organisation de collectionner l'ensemble des œuvres de tous les pays, elle se « contenterait » de collectionner des copies numériques non diffusables au grand public. Une telle organisation serait ainsi le simple prolongement international des institutions patrimoniales nationales, et même si les pays impliqués auraient toujours le droit de « récupérer » leurs copies numériques pour une raison X ou Y, une telle organisation resterait assez complète à chaque instant. On peut même envisager des clauses pour que les pays n'aient pas le droit de récupérer leurs copies numériques dans certaines situations bien spécifiques (coup d'état, guerre civile...). Et pour peu que cette collection numérique mondiale se

situe dans un territoire neutre et relativement éloignés des centres de peuplement et des conflits, elle pourrait tout à fait durer très longtemps. Enfin, une troisième stratégie possible, quoique plus improbable, ce serait qu'un milliardaire décide de créer sa propre collection privée de copies numérisées d'œuvres non libre de droits, et de placer sa collection dans un lieu isolé, toujours sans diffuser le contenu de sa collection au reste du monde.

II.2) CONTRAINTE N°2 : L'ACCESSIBILITE

La non-obsolescence des supports de stockage est une condition nécessaire à l'accessibilité

L'autre grande contrainte des arches de connaissances, c'est celle de l'accessibilité : on veut pouvoir garantir que nos descendants lointains (ou n'importe quel autre destinataire) puissent accéder aux connaissances que nous voulons leur faire parvenir. Cette problématique est d'autant plus vraie que la quantité d'information à rassembler est immense. En effet, si l'on se contente de préserver une sélection de nos connaissances, un support relativement universel peut être utilisé, comme des tablettes gravées. Mais si le volume de connaissances à préserver est élevé, nous l'avons vu, seule la numérisation de masse permet de faire le travail, ce qui implique des supports de stockage technologiquement assez complexes, électroniques, nanotechnologiques ou autre. Ce sont des supports qui sont soumis à un haut risque d'obsolescence, que nos descendants ne parviendront peut-être tout simplement pas à lire s'ils n'ont pas (plus) le matériel approprié. C'est une difficulté majeure qui s'ajoute à bien d'autres déjà identifiées, tels que les droits d'auteurs (refus d'autorisation pour la numérisation de certaines œuvres sans contrepartie financière), la fragilité de certains artefacts (certains items sont tellement en mauvais état que le processus de numérisation peut les détruire), le coût des équipements (ce qui peut notamment être un problème dans les pays économiquement moins développés, ou au sein des institutions assez modestes, n'entretenant pas une énorme collection), ou encore le temps considérable nécessaire pour numériser le contenu des musées, archives ou bibliothèques

Le problème principal de la numérisation, c'est que tout ce qui a été numérisé un jour, le Web, Internet, les archives privées, cela est stockée en Réalité dans une multitude de serveurs, dans des banques de mémoire informatique. Sauf que les technologies en matière de stockage informatique sont en perpétuelle évolution : les premières générations de supports physiques étaient les cartes ainsi que les rubans perforés. Ensuite, ce sont les supports magnétiques qui se sont généralisés (bandes magnétiques puis disque dur et disquettes). Par la suite, ce sont les supports optiques qui se sont imposés (CD, DVD, Blu-Ray), parfois en réseau. De nos jours, les supports comme la clé USB, la carte SD ou encore les SSD (ainsi que toutes sortes de variantes) se sont démocratisés. A cela, il faut ajouter la multitude de formats et de langages de programmation qui n'ont cessé d'apparaître et de disparaître au cours du temps. Par conséquent, les supports informatiques doivent constamment être mis à jour, soit en convertissant le contenu d'un support obsolète vers un autre plus récent (le cas échéant), soit en recommençant la numérisation d'un item donné. Cette dernière option peut arriver notamment si les technologies précédentes ne sont plus aussi courantes, si le temps a fini par créer des dommages mécaniques importants, ou encore si la qualité des nouvelles technologies est considérablement meilleure (meilleure capacité de stockage, plus grande vitesse d'écriture et de lecture, meilleure résolution...). Aux différentes formes d'obsolescences matérielles, ou de « Hardware », s'ajoute aussi les obsolescences logicielles, ou « Software ». Parfois, c'est l'application qui permet d'accéder à l'information qui n'est plus compatible, le système d'exploitation peut changer, les programmes peuvent être refondés en profondeur.

Entre 1984 et 1986, un projet intitulé le « BBC Domesday Project » avait été initié, dans l'objectif de numériser toute sortes d'études, de cartes, de témoignages, de vidéos et de statistiques sur la

population britannique de l'époque. Seulement, le support qui avait été choisi à l'époque pour stocker toutes ces informations, le Laserdisc, n'est aujourd'hui plus utilisé, et plus aucune entreprise ne produit de machines permettant de les lire. Par ailleurs, le code employé à l'époque (en langage BCPL) pose de sérieux problème de rétrocompatibilité, on ne sait donc pas très bien émuler le contenu des laserdiscs du projet avec les technologies actuelles, parfois même en ayant sous la main des machines de lecture pour laserdiscs. Par conséquent, il a fallu créer de nouveaux projets, pour pouvoir réussir à convertir le contenu des disques dans un format et sur un autre support plus durable, impliquant parfois de la rétroingénierie, c'est-à-dire l'analyse d'une technologie obsolète dans le but de pouvoir « recréer » cette technologie, longtemps après la fin de production et la disparition des ingénieurs qui l'avaient conçue. Un problème similaire s'était posé à la NASA, lorsqu'il est soudainement devenu impossible de lire des archives sur bandes magnétiques de certaines missions passées (Missions Apollo, sondes Vikings...) puisque les machines qui permettaient de lire ces bandes avaient été mise à la casse, et que les langages de programmations de l'époque n'étaient maîtrisés que par du personnel désormais mort ou à la retraite. Là encore, c'est la rétroingénierie qui a permis de résoudre le problème. Ces deux exemples illustrent la nécessité de gérer correctement tout projet de numérisation massive, ce qui implique de bien anticiper en amont la durabilité des supports et des éventuels logiciels. La préservation numérique nécessite donc de prendre en compte l'évolution des supports physiques ainsi que celle des programmes informatiques associés.

Parmi les différentes méthodes employées pour remédier à ce problème, on trouve (liste non exhaustive) :

- *Le rafraîchissement (refreshing en anglais) : cela consiste au transfert du contenu d'un support donné vers un autre du même type.

- *La migration : cela consiste à transférer une information d'un système vers un autre. Par exemple, d'un format de fichier à un autre, ou d'un système d'exploitation à un autre.

- *La réplication : cela consiste tout simplement à créer un maximum de copies, pour améliorer la probabilité que l'une d'entre elle dure un temps suffisamment long voulu.

- *L'émulation : cela consiste à répliquer le système environnant au support, en quelque sorte, à faire « croire » au support que l'outil qui permet d'écrire/lire est bien le même que celui utilisé jusqu'ici.

- *Encapsulation : cela consiste en des objets qui contiennent en eux-mêmes des informations sur la façon dont on peut les décrypter, facilitant la rétroingénierie et la rétrocompatibilité.

On peut relever une dernière difficulté persistante pour toutes ces techniques, à savoir celle du repérage des angles morts de la préservation numérique, c'est à la difficulté à identifier les items que l'on a oublié de mettre à jour ou de renumériser de façon adéquate. La préservation numérique, complémentaire de la numérisation, est donc un processus continu de longue haleine.

Nos descendants auront besoin de la capacité technique à lire nos informations

Nous constatons que les technologies numériques évoluent et disparaissent fréquemment, mais jusqu'ici, nous sommes partis du postulat implicite que les générations futures seraient tout de même en mesure de décoder des informations numériques, au moins partiellement, grâce aux méthodes de

leur temps et à la conversion continue des données d'un format à l'autre. Cependant, nous avons omis un scénario important, celui de la chute de la civilisation (liée aux risques industriels). Dans ce cas de figure, ce serait la fin de la technologie, les générations futures seraient alors démunies face à nos supports d'information, puisqu'ils ne maîtriseraient plus l'informatique, le traitement du signal, le cryptage, l'électronique etc. Pour remédier à ce problème, il faudrait inventer un support numérique qui soit simultanément capable de contenir beaucoup d'information, et capable d'être décodé relativement facilement, même par une civilisation peu avancée sur le plan technologique. C'est le gros inconvénient de la préservation numérique, les supports que nous utilisons jusqu'ici sont très spécifiques, et nécessitent des machines elles-mêmes très spécifiques (lecteur DVD, lecteur de bande magnétique, projecteur...), ce qui peut donc limiter l'universalité de la mémoire de masse numérique. Avec le stockage moléculaire, le problème serait amoindri, puisque dans l'absolu, toutes les machines capables de détecter la structure d'une molécule (ADN ou autre), serait théoriquement capable de lire cette molécule, là où pour n'importe quel support électronique donné, il faut une machine de lecture spécifique. De plus, si les bits informatiques sont stockés directement sous forme de molécules ou de nucléotides, avec un type de nucléotide associé à « 1 » et un autre à « 0 », le programme nécessaire pour lire le contenu de la molécule peut être moins complexe à recréer que celui conçu pour un support électronique, dans lesquels les « 1 » et les « 0 » ne sont pas assimilables à de simples composants élémentaires.

Malgré les avantages de l'ADN, ou plus globalement du stockage moléculaire, il faut tout de même que nos descendants puissent avoir des rudiments de microscopie, d'algorithmie et de chimie macromoléculaire pour pouvoir tout de même décoder le contenu d'un brin d'ADN. On ne résout donc pas entièrement le problème de la non universalité des supports numériques, même si on avance un peu. Pour que nos descendants puissent s'en sortir, il existe deux solutions, complémentaires l'une de l'autre :

*La première solution consiste à laisser des instructions à nos descendants, des « modes d'emplois ». Mettons qu'il existe un jour un centre de stockage de données numériques qui serait en mesure de résister au passage du temps, on pourrait aussi stocker dans un endroit à part, sur tablette gravée par exemple, un ensemble de détails techniques bien précis sur le fonctionnement du centre ainsi que des rudiments techniques utiles (génétique, mathématique, modes d'emplois...).

*La deuxième solution, c'est de recourir à une mémoire moins massive que la mémoire numérique classique, et on en revient donc encore une fois à la problématique du degré de sélection de l'information, dont nous parlions plus tôt (faut-il une mémoire épistémique sélective ou exhaustive pour nos descendants ?).

Un point commun important existe entre ces deux solutions : il faut stocker des informations dans un support qui soit à la fois facile à décrypter, même pour une civilisation moins avancée, et très résistant au passage du temps. Une première piste possible réside dans les supports matériels déjà existant, comme le papier, l'argile, ou le basalte, dont la durée de vie peut être conséquente. Ce sera effectivement moins difficile pour une culture n'ayant pas de rudiments de connaissances informatiques de pouvoir comprendre des instructions laissées sur des tablettes gravées bien solides. Néanmoins, la quantité d'information qui peut être inscrite sur ces supports reste très limitée, ne serait-ce que parce que la quantité d'information que l'on peut écrire sur une tablette est inversement proportionnelle à la taille des caractères d'écriture utilisés. En retranscrivant toute nos connaissances en matière de chimie, de génétique, de mathématique et d'informatique dans des plaques, sur lesquelles la taille des caractères n'excède pas quelques dixièmes de millimètres (comme c'est le cas sur le projet « Memory of Mankind » en Autriche), il est encore possible de ne pas utiliser un volume trop grand de supports physiques. Mais pour une arche de connaissance plus extensive, même en

faisant une sélection d'informations, cette technique est insatisfaisante. Rien que pour écrire le contenu d'une « bibliothèque idéale » de quelques milliers de livres (ce qui est déjà une sélection très restrictive), il faut plusieurs milliers de plaques que l'on doit pouvoir entreposer dans un espace assez large. Un compromis envisageable entre accessibilité et numérisation de masse, c'est de recourir à des technologies de disques optiques, dans lesquels les informations sont stockées sous forme de gravures assez petites, mais qui ne nécessitent que des outils optiques rudimentaires pour pouvoir être lus, tels que des microscopes classiques et des polarisateurs. Le stockage optique de données 5D est un exemple assez fameux de support capable de contenir une quantité d'information convenable tout en nécessitant un outil de lecture relativement peu complexe. Il comporte en plus l'avantage d'une excellente longévité, d'autant que cette technologie est déjà éprouvée puisqu'elle a été employée pour le projet de bibliothèque lunaire que nous évoquions plus tôt.

L'évolution du langage doit être prise en compte pour la transmission

Pour que nos connaissances soient exploitables pour nos descendants, il nous faudra donc employer des technologies suffisamment simples et standardisées. Si des éléments logiciels sont nécessaires pour pouvoir lire les supports d'informations, un langage informatique facile à décrypter devra également être mis en place. Mais il reste un autre défi de taille, celui de trouver un langage naturel compréhensible par les générations futures. Quel que soit la longévité attendue d'un projet de mémoire épistémique, quel que soient les destinataires d'un tel projet, il faudra en effet adresser le problème de la barrière de la langue. En effet, il n'est pas exclu que les langues que nous parlons aujourd'hui n'existeront plus à l'époque où nos descendants redécouvriront les traces de notre civilisation. Il est arrivé de nombreuses fois qu'un peuple en infériorité numérique par rapport à un autre, sur un territoire donné, se retrouve à adopter la langue du peuple dominant, d'abord comme lingua franca, puis comme langue maternelle. Cette assimilation peut être forcée (colonisation, conquête miliaire...) ou plus « naturelle » (influence culturelle, migrations, importance des échanges commerciaux...), mais dans tous les cas, elle peut mener à l'extinction de langues entières. A l'heure actuelle, on estime que sur les 7000 langues parlées sur Terre, entre 50% et 90% d'entre elles sont menacées dans le courant de ce siècle. Si les langues les plus menacées aujourd'hui sont souvent des langues parlées par un nombre restreint de locuteurs, il n'est pas exclu que les langues « majeures » (anglais, français, mandarin, arabe...) soient un jour en danger à leur tour. Entre parenthèses, la langue peut d'ailleurs aussi constituer un patrimoine en soi, à sauvegarder pour la postérité et pour le grand bonheur des futurs linguistes qui s'évertuent à comprendre la structure, la diversité et la dynamique du langage. Des projets existent déjà pour garder le plus de traces possibles des langues menacées, par les enregistrements sonores, par la constitution de dictionnaires aussi exhaustifs que possibles, ou par la documentation la plus précise possible des usages de la langue. On peut penser par exemple à la Collection UNESCO d'œuvres représentatives. Mais ce travail est souvent complexe à mettre en œuvre pour de nombreuses langues, trop isolées.

Mais il n'y a pas forcément besoin que les langues disparaissent pour que l'obstacle de la traduction se présente à nos descendants, il suffit aussi que les langues actuelles changent radicalement. De nombreuses langues n'ont pas disparu parce qu'elles se sont à proprement parler éteintes, mais simplement parce qu'elles ont graduellement évolué en de nouvelles langues, sans que l'on puisse identifier une rupture véritable au cours de cette évolution. Le latin a ainsi évolué pour devenir le français, l'espagnol, l'italien (entre autres) ; le copte est issu de l'égyptien ancien ; l'hindustani et de

nombreuses langues indiennes sont issues du sanskrit etc. Les conséquences restent cependant les mêmes : au fil des siècles, nos écritures seront de plus en plus difficiles à déchiffrer pour nos descendants. Une étude avait ainsi estimé que dans 20000 ans, 99 mots de vocabulaire de base sur 100 dans la langue suédoise auront disparu, un constat qui peut probablement être extrapolé aux autres langues de la planète. S'il n'est pas possible d'empêcher les langues de se transformer (peut-être pas souhaitable en soi d'ailleurs), et, par corollaire, s'il n'est pas possible de lever la barrière de la langue, des stratégies de contournement sont envisageables. Aussi, pour qu'une arche de connaissance soit accessible pour nos descendants, il est possible d'employer les tactiques suivantes :

*L'usage de plusieurs langues : si les archéologues ont réussi à décrypter l'égyptien ancien, c'est notamment parce que des textes de lois en plusieurs langues ont pu être retrouvés : c'est le cas de la fameuse pierre de Rosette, qui était écrite en égyptien et en grec ancien, la connaissance de cette dernière langue ayant aidé à décrypter la première. Plus les langues dans lesquelles nos connaissances seront retranscrites seront nombreuses, plus la probabilité que de futurs archéologues parviennent à les déchiffrer sera grande. Les différences entre les langues employées peuvent aussi être un facteur décisif : en utilisant des langues peu apparentées les unes aux autres, on facilite potentiellement le travail de traduction. Dans tous les cas, l'usage d'une langue unique pour une arche de connaissance peut constituer une grande prise de risque.

*L'usage de plusieurs écritures : dans le même esprit que précédemment, on peut envisager d'utiliser plusieurs systèmes d'écritures différents, y compris pour une même langue donnée (translittération), afin de multiplier les chances que l'un d'entre eux au moins soit accessible pour nos descendants. Les systèmes d'écritures évoluent eux aussi, il n'est pas interdit de penser que les systèmes actuels (écriture latine, cyrillique, sinogrammes, devanagari...) pourraient disparaître dans plusieurs millénaires.

*La dispersion de « pierres de Rosette » à travers le globe : en parallèle des arches de connaissance, des « modes d'emplois » peuvent être créés dans plusieurs langues et dans plusieurs systèmes d'écriture, que l'on peut dupliquer et disperser dans plusieurs lieux différents à travers le globe, là encore, pour maximiser la probabilité que les futures communautés linguistiques seront en mesure de comprendre nos informations. Il ne faut pas oublier qu'avec les déplacements importants de population qui peuvent survenir parfois, les langues aussi peuvent se déplacer, et se retrouver en usage très loin de leur territoire d'origine (le portugais en Amérique, le français en Afrique, le turc en Europe...).

*Le recours aux images : le texte seul ne suffit de toute manière pas pour préserver de nombreux éléments de notre patrimoine : les photographies, les films, les arts visuels etc. et une grande partie de notre littérature (y compris les articles scientifiques et encyclopédiques) illustrent leur propos par des schémas de toutes façons, il serait bien dommage de ne conserver que les corps de texte. Dans la continuité des tactiques précédentes, il est tout à fait envisageable de créer des sortes de dictionnaires simplifiés, comportant principalement des termes de base ainsi que les mots se référant à des concepts peu abstraits, ces derniers étant illustrés par des photographies, des schémas ainsi que des pictogrammes.

Toutes ces tactiques peuvent aussi au passage faciliter la traduction des langages formels (mathématique et informatique) mais aussi et surtout celle des instructions qu'il faudra transmettre à nos descendants pour pouvoir lire les supports numériques employés pour la préservation de masse. Il ne faut pas perdre de vue non plus que de nombreuses conventions d'écriture utilisées pour le langage mathématique (symboles dans les équations, système décimal, flèches...) ou même pour d'autres sciences (unités SI, tableau périodique des éléments, schémas électroniques...) sont arbitraires, et donc temporaires, et qu'elles doivent donc faire l'objet d'une attention particulière.

Une arche de connaissance peut aussi être immatérielle

La transmission de la langue est donc indispensable pour que les générations futures réussissent à décrypter nos connaissances, et ceci implique donc la création d'une mémoire à part entière pour les langues, faites de supports matériels simples, disséminés à travers le monde. Mais la transmission du langage peut aussi passer par des moyens complémentaires, qui ne nécessitent pas de supports matériels. Historiquement, l'humanité n'a pas toujours maîtrisé l'écriture, qui n'existe en fait « que » depuis 5000 ans, alors que l'espèce humaine est bien plus ancienne. Pourtant, des peuples ont pu transmettre non seulement leur langue, mais aussi des histoires, des anecdotes, des savoirs, des codes moraux ou des traditions en se passant de l'écriture. Cette transmission était essentiellement orale, et il n'y avait pas de supports d'écriture, tout au plus, des moyens mnémotechniques, tels que des os taillés pour décompter les jours de l'année, ou des représentations visuelles, telles que les peintures de la grotte de Lascaux. Il s'agit d'une forme de transmission qui repose sur trois facteurs de succès : l'élaboration orale, la mémoire individuelle et la ritualisation.

Pour qu'une idée ou une histoire se transmette de générations en générations, il faut que cette histoire soit d'abord mise en forme par le conteur, de telle manière à ce qu'elle soit plus percutante, pour que ceux qui l'écoutent soient davantage motivés à la transmettre à leur tour. Cela peut passer par toutes sortes de techniques telles que la rhétorique (art du discours), les figures de styles (allitérations, assonance, proverbes...), la rythmique (vers, rimes, répétitions...), la musique, la performance orale ainsi que la gestuelle associée à cette dernière. Cette construction rend aussi l'enseignement oral plus mémorable pour celui qui le reçoit, ce qui nous amène donc à la mémoire individuelle. A chaque génération donnée, une fois que le conteur ne peut plus raconter son histoire, les destinataires doivent être en mesure de se souvenir parfaitement de l'histoire dans les moindres détails, afin qu'ils puissent à leur tour devenir conteurs pour les générations suivantes. C'est d'ailleurs tout l'intérêt de l'enseignement oral de faire survivre des histoires au-delà de la mort, et malgré les limites cognitives de l'individu. Ainsi, une transmission orale réussie dépend non seulement du conteur mais aussi du destinataire, le premier devant employer des techniques pour faciliter l'apprentissage, le second devant avoir la capacité mentale de mémoriser et devant user de moyens mnémotechniques. Enfin, pour garantir encore davantage le succès d'une transmission orale, il est préférable que celle-ci constitue une sorte de « rituel », une sorte de tradition sinon sacrée, au moins considérée comme importante pour le groupe au sein duquel cette transmission a lieu. L'enseignement d'une histoire ne constitue alors pas seulement un simple apprentissage pour les destinataires, mais un héritage culturel, un savoir des ancêtres, quelque chose qui fait partie de l'identité du groupe.

Ainsi, de nombreux peuples ne maîtrisant pas l'écriture ont réussi à conserver pendant des millénaires des contes, des légendes, des idées philosophiques, des enseignements éthiques, et même la connaissance d'événements historiques très spécifiques telles que des éruptions volcaniques ou des inondations, et ce avec relativement peu d'altération. Même dans nos sociétés contemporaines où l'essentiel de l'apprentissage nécessite un support matériel (manuels, guides, tutoriels...), une partie de celle-ci passe toujours par l'oralité, que ça soit à travers les émissions radios, les discours politiques, les débats publics, les documentaires, ou même l'école. Certes, les capacités cognitives limitées des individus, même compte tenu de la taille de la population mondiale, ne permettent absolument pas de transmettre l'intégralité de nos connaissances par voie orale, surtout les plus complexes ou les plus abstraites. Cependant, compter sur une mémoire orale intergénérationnelle aurait des avantages certains : les connaissances apprises oralement bénéficient à l'individu au cours de sa vie et sont

immédiatement disponibles pour ce dernier. A plus forte raison, plus une connaissance fondamentale est connue par le plus grand nombre, plus elle résistera à une tentative de censure ou à toute forme de destruction involontaire ou collatérale. Ainsi, si demain la civilisation s'effondre ou qu'un régime particulièrement autocratique se met en place, ce que les survivants garderont en mémoire aujourd'hui aura un impact déterminant sur ce que les générations futures auront à leur disposition, y compris des informations clés pour la compréhension du monde (sélection naturelle, atomisme, théorie du Big Bang, méthode critique, Histoire...). Autrement dit, la transmission orale de certaines portions de nos connaissances aurait deux avantages : d'une part, nos descendants lointains seraient mieux guidés pour déchiffrer nos connaissances écrites car ils navigueront en terrain familier, et d'autre part, nos descendants plus directs auront toujours à leur disposition des savoirs fondamentaux, même en cas d'effondrement social.

La transmission intégrale des connaissances se fera sous réserve d'un apprentissage de l'esprit critique

Pour garantir la disponibilité de nos connaissances pour les générations futures, il faut donc que les générations actuelles soient en mesure d'emmagasiner le maximum d'informations possibles, afin que les plus importantes d'entre elles puissent survivre à une catastrophe pouvant mettre à mal notre patrimoine et notre Science. Cette méthode s'inscrit en fait dans la problématique plus large de ce que l'on appelle la « mémoire collective », c'est-à-dire l'ensemble des informations partagées au sein d'un groupe, qu'il s'agisse d'une famille, d'un organisme, d'un pays ou même de l'humanité entière. La mémoire collective est un concept désignant la manière dont les connaissances, les valeurs, et les expériences subjectives sont diffusées au sein du groupe. Le concept est surtout employé pour désigner la mémoire historique, la mémoire du passé, notamment celle des événements traumatisants, ce qui se rapproche du concept de devoir de mémoire. Mais la transmission orale peut donc aussi plus largement s'inscrire dans le cadre de la mémoire épistémique, et donc de la préservation à très long terme des idées, des découvertes clés, des théories, des éléments culturels et donc de tous ce que la civilisation a produit de patrimoine intellectuel plus ou moins éphémère. Les difficultés liées à la transmission orale restent les mêmes, et la transmission réussie des connaissances à travers les générations ne peut se faire qu'en esquivant les obstacles suivants :

*L'erreur : la mémoire collective n'est évidemment pas une sorte de mémoire « flottante » au-dessus de la société et complètement immatérielle, il s'agit en réalité d'une manière de désigner l'ensemble des souvenirs individuels autour d'un sujet donné à un instant donné, répartis dans chaque membre d'une société. La mémoire collective existe d'une certaine manière de façon matérielle, à travers le corps des individus. Cela signifie que toute information pouvant être mémorisée par l'individu peut être altérée par ce dernier, parfois de façon involontaire : des erreurs peuvent se créer durant l'apprentissage, en raison des biais cognitifs, des illusions sensorielles, des paralogismes, ou plus globalement parce que le cerveau ne parvient pas à stocker une information telle qu'elle a été émise. Les faux souvenirs et les quid pro quo peuvent donc altérer la transmission orale.

*L'appropriation : une autre manière d'altérer les connaissances, c'est de les transformer à sa guise, à les contorsionner pour qu'elles paraissent cohérentes au sein d'un schéma mental préexistant. On peut donner une nouvelle définition à un mot, exagérer un point de vue avec lequel on est en désaccord, minimiser un fait, omettre un « détail » qui n'a pourtant rien de tel etc. Cette appropriation peut être

bénéfique pour la création d'idées nouvelles, mais peut être problématique pour la bonne compréhension et la bonne transmission des idées déjà existantes.

*La communication : l'altération d'une connaissance peut aussi intervenir lors du partage d'information entre plusieurs membres d'un groupe, que ça soit directement -à l'oral- ou indirectement -typiquement par les réseaux sociaux-. Les fameuses « fake news », des informations fausses sur un événement d'un passé plus ou moins proche, sont des exemples connus d'altérations ayant lieu pendant l'apprentissage, et non après coup par une mauvaise mémorisation. Ici, c'est même assez souvent celui qui partage une fausse information qui est en tort, et non celui qui la reçoit. La compréhension d'un sujet philosophique ou scientifique peut ainsi être réduite si les informations les moins fiables relatives à ce sujet circulent mieux que les autres au sein d'un groupe. C'est un problème d'autant plus important que certains types d'informations, notamment partiales ou associées à des émotions fortes (colère, joie, tristesse...), se transmettent plus facilement que les informations impartiales ou émotionnellement neutres.

*L'omission : il peut arriver que celui qui veuille transmettre une connaissance altère volontairement celle-ci en décidant de n'en pas en révéler l'intégralité. L'omission est une forme de mésinformation, mais ici, la cause n'est pas tant liée à la nature de l'information ou à une modification proprement dite, mais seulement une sélection d'information. Là où les problèmes de communications sont le plus souvent des erreurs ou des mensonges, l'omission est davantage une demi-erreur ou une demi-vérité, puisque les informations transmises sont exactes, elles ne sont simplement pas complètes pour que l'apprenant ait une bonne compréhension d'un sujet donné. Cette omission peut être volontaire ou non, mais elle survient, la censure et le tabou ne sont pas très loin.

*Le dogmatisme : a contrario, il peut arriver qu'une connaissance soit considérée comme si importante pour le groupe, que la moindre altération devient inenvisageable, que cela nuit paradoxalement à la préservation de cette connaissance. En effet, la préservation ne se fait pas pour la préservation, elle doit aussi aider les connaissances à évoluer, à s'accumuler au fil des générations. La préservation est aussi un moyen pour les générations futures de continuer à progresser, à créer de nouvelles idées, à échafauder de nouvelles théories, à discuter des alternatives, à dérouler les conséquences etc. Une connaissance dogmatique, une doctrine, constitue une forme de connaissance « locale » inaltérable, résistante au temps, mais dangereuse pour toutes les autres connaissances qui mériteraient aussi une préservation. En d'autres termes, les connaissances doivent toutes être préservées sur un pied d'égalité, pour que celles-ci continuent d'évoluer, et que l'on ne se repose pas sur ces acquis.

Tous ces défis, qui sont déjà prépondérants pour la mémoire de l'Histoire, le sont également pour la bonne transmission de notre patrimoine intellectuel et culturel à nos descendants. Par conséquent, l'apprentissage d'un maximum de connaissances au plus grand nombre n'est pas une stratégie viable à elle seule, si l'on souhaite que notre patrimoine survive à travers les âges, il faudra que cette stratégie s'accompagne de méthodes d'apprentissages limitant la pensée dogmatique, les biais de sélection ou de confirmation, ainsi que le partage d'information sans vérification. Autrement dit, la transmission immatérielle des connaissances implique aussi l'enseignement de la méthodologie scientifique et de la pensée critique : connaissance des biais cognitifs, importance des sources, expérimentation scientifique, tests d'hypothèse, logique, rhétorique, éducation aux médias, distinction fait-valeur etc. Pour que nos descendants soient plus en mesure d'accueillir à bras ouverts la masse d'information que l'on souhaite leur transmettre, il nous faudra nous assurer dès maintenant que les rudiments de l'esprit critique soient bien enracinés au sein de la population actuelle. Bien entendu, une mémoire épistémique « immatérielle » ne constitue pas forcément une alternative à la mémoire matérielle classique dont nous parlions auparavant, il s'agit d'une forme de mémoire complémentaire, visant à renforcer l'accessibilité de nos connaissances pour les générations futures en cas d'amnésie culturelle. Une transmission orale et critique des connaissances vise à entretenir l'ouverture d'esprit, la curiosité,

le recul ou encore la rigueur parmi nos descendants, afin que la préservation des connaissances ne se mue pas en une sorte de stagnation des idées, un scientisme ou à une censure des théories nouvelles, à plus forte raison lorsque celles-ci portent sur des sujets pour lesquels il n'existe pas de consensus scientifique.

II.3) CONTRAINTE N°3 : LA LONGEVITE

Face aux risques naturels, le choix de l'environnement de stockage est essentiel

Pour la création d'une arche de connaissance, il reste un dernier défi majeur à résoudre, celui de la longévité. Nous avons évoqué toutes sortes de techniques et de méthodes de stockage pour palier à diverses contraintes telles que l'obsolescence technologique, la barrière de la langue, la quantité d'information à entreposer ou encore la centralisation. Les pistes envisagées jusqu'ici vont des supports numériques traditionnels à la transmission orale, en passant par les technologies émergentes de stockage moléculaire ainsi que les tablettes gravées. Mais in fine, toutes ces contraintes sont subordonnées par une autre, sans doute la plus importante, à savoir la longévité. Pour qu'un projet de mémoire épistémique à grande échelle ait un intérêt, il faut non seulement pouvoir sauvegarder un maximum possible de notre patrimoine, et le mettre à disposition de nos descendants, mais il faut également que cette accessibilité ne se limite pas à nos descendants directs et que nos connaissances profitent aux générations qui arriveront bien après le potentiel déclin de notre civilisation. Les stratégies de préservation de connaissance que nous évoquions jusqu'ici portaient essentiellement sur l'articulation des connaissances (accumulation, tri, transmission, sélection...), et moins sur la préservation elle-même, alors que c'est pourtant le cœur du projet. La préservation, c'est la collection des méthodes et des procédures visant à maintenir en bon état le patrimoine conservé, et même en bon état de fonctionnement si ce patrimoine comporte des machines. On pourrait identifier 3 axes principaux dans la préservation : la préservation face aux agressions naturelles, la préservation face aux agressions anthropologiques, et la préservation face à l'usure interne. Dans les deux premiers cas, c'est surtout l'environnement du lieu de préservation qui est le paramètre sur lequel on peut jouer, dans le dernier cas, c'est essentiellement la nature du medium à préserver qui facilite ou non sa durabilité.

Dans un premier temps, pour que nos connaissances résistent au passage du temps, il faut qu'elles se trouvent dans un environnement contrôlé, à l'abri des catastrophes naturelles. Nous avons vu dans notre partie consacrée aux risques naturels qu'il existe toute sorte de phénomènes majeurs susceptibles de détruire notre patrimoine : nous évoquions les inondations et les incendies, responsables de bien des pertes d'ouvrages inestimables au cours du temps, nous pourrions parler également des séismes, des cyclones, des éruptions volcaniques, des glissements de terrain, des tornades et autres vents violents. La première étape de la préservation, c'est donc de choisir une localisation géographique qui soit relativement épargnée par ce genre de catastrophes violentes : éviter les régions géologiquement actives, éviter la proximité du bord de mer ou des cours d'eau, éviter les cuvettes inondables, ou encore les espaces forestiers vulnérables aux incendies. Mais il y a plus, les effets de l'entropie ne se manifestent pas seulement par des événements violents, elle laisse son empreinte à travers des phénomènes physiques courant : température, magnétisme, humidité, lumière etc. Pour que la préservation soit efficace, il faut donc également créer un environnement de préservation sein, dans lequel ce genre d'agressions externes est bridé. De nombreuses institutions modernes telles que les musées, les bibliothèques et les archives mettent déjà en place des mesures de contrôle d'environnement : la température doit être maintenue à un niveau relativement constant afin de ralentir la détérioration par les moisissures, par les insectes ou par les micro-organismes, tandis que les livres ne sont pas entassés pelle mêle pour éviter la propagation trop rapide d'un feu. Les

artefacts ne sont pas exposés à la lumière du jour, ils sont stockés dans des salles voire même des boîtes hermétiques, ne laissant pas ou peu passer l'humidité et les contaminants (acide, ozone, poussières, champignons...), alors que les fondations des bâtiments doivent être prévues pour faire face à une magnitude de séisme élevée ou à une intensité d'explosion importante.

Enfin, au cas où une catastrophe se présente tout de même, il faut que de nombreuses procédures soient en place pour limiter les dégâts. Ces procédures peuvent consister en des installations de protection (extincteurs, sprinklers, thermostats...) et de détection (hygromètre, thermomètre...), des mesures de sécurité, des salles spéciales cloisonnées et interdites d'accès au public, la formation du personnel, l'identification d'acteurs pouvant aider à lutter contre les catastrophes (pompier, police...), la création d'une documentation pour avoir un retour d'expérience des précédentes catastrophes ou encore les plans de restaurations, pour remettre en état un objet endommagé mais pas détruit. Ces mesures peuvent tout de même avoir un inconvénient : elles nécessitent la présence d'installations importantes et de personnel, ce qui est très bien pour les institutions contemporaines comme des bibliothèques ou des musées, mais plus problématiques pour préserver du patrimoine sur du très long terme : il ne vaut mieux pas partir du principe qu'il y aura toujours les ressources nécessaires pour protéger et restaurer les items durant toute la durée d'un projet d'arche de connaissance, qui peut être de plusieurs milliers d'années. Autrement dit, une préservation « active », faisant appel à des agents veillant au bon état de ce qui est préservé, est beaucoup plus risquée qu'une préservation « passive », pour laquelle il n'y aurait pas besoin de mobiliser des ressources considérables en continu. Idéalement, une arche de connaissance pourrait même consister simplement à placer nos connaissances dans un centre de stockage à l'abri de tout, mis sous scellé, et jamais fréquenté par le moindre être humain, mise à part les destinataires de ces connaissances. On comprend par conséquent l'intérêt d'une centralisation des connaissances (pour restreindre le nombre de centres de mémoire épistémique nécessitant une surveillance active), de la numérisation (certains supports numériques sont plus faciles à conserver que des supports classiques comme les livres, les microfilms...) et surtout, celui d'un support matériel de suffisamment bonne qualité pour résister aux affres du temps sans entretien.

Face aux risques humains, il faut trouver le bon équilibre en matière d'accessibilité

Dans un second temps, toujours dans la perspective que nos connaissances résistent très longtemps au passage du temps, il faut prendre en considération les risques anthropologiques. Quand il était question des risques politiques, nous parlions des conflits ou encore de la censure (dans un sens élargi : censure proprement dite, mais aussi biais de sélection, propagande, discrimination etc.), qui peuvent porter atteinte à au moins une partie de notre patrimoine. Quand il était question des risques industriels, nous parlions de la plausibilité que notre civilisation industrielle finisse par s'effondrer en raison de mauvais choix macro-économiques (surexploitation des ressources, émissions non limitées de gaz à effet de serre, développements technologiques hors de contrôle...), cela pouvant d'ailleurs se combiner aux risques politiques (multiplication des guerres et des formes de dérives autoritaires) et même naturel (multiplication des catastrophes naturelles liées au réchauffement climatique). A cela, on peut ajouter des risques plus triviaux : le vol et le vandalisme, qui ont par le passé souvent empêché la communauté scientifique de profiter de certaines mœurs archéologiques qui avaient pourtant survécu au passage du temps. Par conséquent, les leviers de préservations abordés précédemment - à savoir choix du lieu, maîtrise de l'environnement et politique de préservation- doivent également tenir compte de tous ces facteurs d'origine anthropologique. Pour le choix du lieu, mieux vaut que l'arche de

connaissance ne se situe pas dans une zone conflictuelle ou même à proximité d'une zone de peuplement important, ces dernières étant plus vulnérables aux bombardements que les déserts humains. Sur la question de l'environnement contrôlé, il faut ajouter la détection d'intrusion et la prévention face à la dégradation volontaire. Enfin, le centre de préservation doit être aussi préparé que possible au risque d'une attaque militaire.

Une question se pose encore toutefois : si l'on veut préserver au maximum notre patrimoine intellectuel, n'a-t-on pas intérêt à isoler au maximum celui-ci ? Si les êtres humains sont une potentielle source de destruction et de censure, comment concilier intégrité et disponibilité pour les générations futures ? Il peut en effet paraître paradoxal de parler de rendre nos connaissances volontairement inaccessibles pour en garantir la longévité, alors même que les mesures que l'on pourrait mettre en place seraient en contradiction avec le besoin de rendre nos connaissances accessibles pour nos descendants lointains. Est-ce que la problématique de longévité n'entre pas en conflit avec celle de l'accessibilité ? A ce titre, on pourrait se référer aux nombreuses capsules temporelles laissées dans l'espace par le passé, c'est-à-dire le lieu inaccessible à l'être humain par excellence. Par exemple, on peut évoquer les objets laissés par les missions Apollo, les plaques des sondes Pioneer 10 et 11, le disque doré dit « Golden Record » des sondes Voyager 1 et 2 ou encore la bibliothèque lunaire à bord de la sonde Odyssée, déjà mentionnée précédemment. L'avantage de l'espace, outre le fait que les phénomènes d'agressions naturelles sont nettement plus limités que sur Terre (pas de vent, pas de feu, pas d'humidité etc.), c'est qu'il s'agit d'une zone plutôt inaccessible et gigantesque, dans laquelle les êtres humains ne pourront pas faire la guerre, piller ou pratiquer la censure. Mais justement, puisqu'un projet de mémoire spatiale est par nature quasi-inaccessible, il sera plus difficile pour nos descendants de récupérer le contenu d'une éventuelle arche de connaissance spatiale, surtout si ces derniers ne maîtrisent pas les technologies du spatial. L'espace est clairement la meilleure méthode pour optimiser la longévité des connaissances, mais ce au détriment de leur transmission à nos descendants lointains.

Face à ce dilemme, il y a donc deux stratégies que l'on peut dégager : soit on priorise la longévité sur la disponibilité, et dans ce cas l'espace est le meilleur endroit pour un projet d'arche de connaissance. Mais dans ce cas, il faut que cette arche soit mise en œuvre à un emplacement fixe (sur la Lune par exemple), ou alors qu'elle puisse revenir automatiquement sur Terre après un certain temps (à bord de satellite en orbite autour de la Terre par exemple, même ceux voguant sur des orbites lointaines finissent par retomber au bout de plusieurs centaines de milliers d'années). Soit on privilégie la disponibilité à la longévité, et une arche de connaissance ne peut alors se faire que sur Terre, mais il faut tout de même que le projet soit localisé dans un lieu suffisamment isolé pour que nos descendants puissent avoir une chance de retrouver le contenu de l'arche intact. Dans tous les cas, cela va dans le sens d'une stratégie de préservation « passive » plutôt qu'active, plus facile à mettre en œuvre loin de la civilisation. Au passage, la problématique de l'isolement pose deux autres questions sous-jacentes : celle du secret, et celle de la consultation. Faut-il privilégier un emplacement secret (pour limiter le risque de vol ou de destruction volontaire) ou non (pour que ce soit plus facile pour nos descendants de retrouver nos connaissances) ? Faut-il également que le contenu d'une mémoire épistémique soit consultable à notre époque ou non ? Ces questions doivent être posées en amont d'un éventuel projet d'arche de connaissance.

Face à l'usure, le choix du support est déterminant

Pour terminer, pour que notre arche de connaissance puisse perdurer dans le temps, il faut tenir compte de la dégradation naturelle des supports d'informations. C'est surtout à ce titre que la nature du support va être un choix déterminant. Il a déjà été question de ce choix précédemment, puisque selon la forme qu'une arche de connaissance peut prendre, certaines technologies sont plus pertinentes dans certaines situations que dans d'autres. Par exemple, les dernières avancées en matière de stockage d'information conviennent mieux pour une arche de connaissance exhaustive. A contrario, des supports plus traditionnels conviennent davantage pour une arche de connaissance plus sélective ainsi que pour d'éventuelles annexes destinées à rendre plus accessibles nos savoirs pour nos descendants lointains. Le choix d'un support numérique ou analogique dépendra lui aussi de la conception de l'arche, selon que l'on souhaite plutôt créer une « bibliothèque », orientée plutôt vers l'écrit, ou une « archive universelle », qui serait alors multimédia.

A tout cela, s'ajoute donc la longévité : un support idéal doit certes avoir une grande contenance, être universel, être précis, mais aussi et surtout, il doit être fiable sur le très long terme. Pour ces raisons, la plupart des supports traditionnels ne sont pas vraiment adaptés pour la conservation. Par exemple, malgré le fait que le papier peut théoriquement subsister plusieurs siècles dans de bonnes conditions de conservation, dans les faits, il est vulnérable à l'eau et au feu. Aussi la plupart des documents produits par l'Homme ne nous sont pas parvenus, suite à des incendies, des déchiètements ou encore des inondations, et ce sans compter les nombreux livres perdus à cause des moisissures ou des organismes biologiques. A cela il faut ajouter que le papier industriel utilisé pour la plupart des publications contemporaines, est de mauvaise qualité, et peut se dégrader assez rapidement par rapport à du papier plus artisanal. Du côté des supports électroniques, ce n'est pas vraiment mieux, non seulement la plupart des supports (disques vinyles, disques optiques, cartes mémoire, clés USB...) ne durent que quelques décennies au plus, mais ils deviennent rapidement obsolètes à mesure que de nouvelles technologies de stockage émergent. Les bandes magnétiques et les microfilms, par exemple, qui ont longtemps été un support historique pour la littérature, ont une durée de vie de 10 à 20 ans, et ne sont plus beaucoup usités depuis la révolution numérique.

Parmi les nombreuses techniques de stockage d'information que l'on connaisse, assez peu sont en réalité capable de durer assez longtemps. Mais la bonne nouvelle, c'est que ces techniques existent tout de même, et certaines peuvent même convenir aussi bien en termes de longévité qu'en terme de capacité de stockage ou encore de facilité d'utilisation. Parmi les technologies les plus pertinentes pour une arche de connaissance, on trouve notamment les suivantes :

*La tablette à écrire : il s'agit littéralement de la plus ancienne forme de support d'écriture dont on ait connaissance, et paradoxalement, il s'agit aussi d'une des plus durables. On a pu ainsi trouver des tablettes en bois vieilles de 5000 ans (Egypte...), des tablettes en argile vieilles de 6000 à 7500 ans (Mésopotamie, Europe...) ou encore des tablettes de pierre à la durée de vie sensiblement équivalente. Le choix du matériau est déterminant dans la durée de vie, les matériaux organiques (os, bois, ivoire, cire...) ont l'inconvénient d'être « biodégradables » même s'ils peuvent durer des milliers d'années là où les métaux (argent, or...) et les minéraux (ardoise, basalte, argile...) peuvent résister à l'exposition à la lumière, aux organismes vivants, ou même aux incendies dans une certaine mesure. Parmi ces matériaux, l'or et l'acier inoxydable sont les métaux les plus résistants aux affres du temps puisque ce sont les métaux qui sont le moins sujet à la corrosion, tandis que parmi les minéraux, le basalte, la céramique et le marbre font partie des roches qui résistent le mieux au phénomène d'érosion. Le véritable inconvénient des tablettes (et par extension, stèles, bas-reliefs etc.), c'est la capacité de stockage très limitée, et la difficulté de pouvoir retranscrire autre chose que du texte. Cependant, c'est sûrement le support le plus universellement accessible puisqu'il n'y a pas besoin de machine de lecture.

Et pour peu que l'on écrive avec une très petite taille de caractère, une tablette à écrire peut contenir beaucoup plus d'information qu'un livre et peut même rivaliser avec certains types de disques durs.

*Stockage moléculaire (dont stockage à ADN) : il s'agit d'un support très récent, qui n'a encore jamais été utilisé massivement en raison des limitations en matière de vitesse de lecture et d'écriture, mais qui a déjà été employé pour des proto-projets « d'arches » de connaissances. Nous en avons déjà parlé auparavant, mais le très gros avantage de l'ADN (ou du stockage moléculaire en général), c'est sa capacité de stockage incommensurable : des brins d'ADN épais de quelques nanomètre et longs de plusieurs mètres peuvent déjà théoriquement contenir plus d'informations que l'ensemble des bibliothèques de la planète, voire de l'ensemble des datacenters et serveurs informatiques de la planète. Ce type de stockage est donc incontournable pour cette raison, et présente en plus de cela l'avantage d'une très bonne longévité, puisque l'ADN, sous les bonnes conditions de préservation, peut durer des milliers d'années. On estime ainsi que des brins d'ADN stockés dans des capsules d'acier inoxydable pourraient durer 50000 ans (sur Terre). On trouve d'ailleurs dans la nature des traces ADN d'espèces animales disparues depuis des millions d'années, dont on cherche logiquement à reconstituer le génome. Le support ADN pourrait être une forme bien plus aboutie de stockage numérique que les supports traditionnels pour ces raisons, tout en gardant les avantages du numérique (variété des formes d'informations stockées -vidéo, texte, image...- et précision). De plus, s'il ne s'agit pas exactement d'un support universel, puisqu'il faut tout de même un langage informatique pour coder l'information dans l'ADN ainsi que des outils capables de lire l'ADN (microscopes), le risque d'obsolescence reste plus faible que pour des supports électroniques classiques.

*Stockage optique de données 5D : cela consiste en l'utilisation de cristaux avec certaines propriétés de polarisation de la lumière, qui permettent selon l'angle par lequel on cherche à lire le contenu, de « superposer » plusieurs niveaux d'information sur un même volume. Il s'agit-là aussi d'une technologie récente, qui a été employée essentiellement pour le stockage de longue durée. La capacité de stockage des disques employant cette technologie est élevée (360 Téraoctets), bien qu'inférieure à celle du stockage moléculaire. Cependant, il peut s'agir d'un bon compromis entre ce dernier et les tablettes à écrire, et comme pour l'ADN, il s'agit d'un support plus universel que les supports électroniques classiques, puisque n'importe quel microscope associé à un polariseur permet théoriquement de lire le contenu du disque. Mais il y a surtout un autre avantage énorme : il s'agit à ce jour du support ayant la plus longue durée de vie jamais conçu. On estime ainsi qu'un disque optique 5D pourrait théoriquement rester lisible pour des milliards d'années au minimum. Ainsi, pour créer une arche de connaissance qui resterait intacte dans plusieurs centaines de milliers d'années voire plus, et pas seulement pour les millénaires qui suivraient la fin de notre civilisation, le stockage optique 5D semble être le support le plus indiqué, au moment où ces lignes sont écrites.

Il existe de nombreuses stratégies d'arches de connaissances, et toutes ne sont pas conçues pour le temps long

En résumé, nous avons jusqu'ici considéré trois contraintes principales pour la création d'une arche de connaissance, l'exhaustivité, l'accessibilité et la longévité. Chacune de ces contraintes implique toutes sortes de problèmes, pour lesquels il existe toutes sortes de stratégies et de solutions techniques. Cela signifie que le concept d'arche de connaissance, et donc aussi le concept de mémoire épistémique, bien que très définis en apparence, cachent en vérité une grande variété de projets très différents. On peut ainsi classer les arches de connaissances en différentes catégories selon les motivations derrière

chaque projet : une arche peut être exhaustive ou sélective voire spécialisée, hiérarchique ou non, centralisée ou non, orientée objet ou orientée information, analogique ou numérique, matérielle ou immatérielle, à très longue durée de vie ou non. Ces catégories peuvent être synthétisées de la manière suivante :

*Mémoire anarchique : les connaissances sont préservées sous la forme de collections d'items dispersées à travers le globe. L'objectif principal est la conservation des artefacts et de la littérature. Il s'agit d'une mémoire de masse, décentralisée et orientée objet : c'est la manière principale dont les connaissances sont préservées à l'heure actuelle, au sein des institutions patrimoniales et des différentes archives privées réparties partout sur le globe.

*Mémoire numérique : les connaissances sont préservées dans des baies de stockage numériques, ce qui se fait aujourd'hui à travers des serveurs informatiques et des datacenters ayant recours à des supports électroniques. L'objectif principal est la préservation des informations. Il s'agit d'une mémoire de masse, toujours décentralisée mais orientée information.

*Mémoire d'héritage : les connaissances sont préservées avec un recours parcimonieux au stockage, et sont transmises d'individu à individu, via l'éducation, les médias et la simple transmission orale. L'objectif principal est le développement continu de l'humanité malgré les crises. Il s'agit d'une mémoire sélective, décentralisée, et orientée information.

*Mémoire thématique : les connaissances sont préservées dans des sortes de bibliothèques, chacune très dense en information puisque pouvant centraliser une grande partie de nos savoirs dans un volume de stockage aussi restreint que possible. L'objectif principal est la préservation d'un type de patrimoine spécifique (issu d'une discipline académique, d'un pays particulier, d'une institution majeure, d'une encyclopédie...). Il s'agit d'une mémoire sélective, centralisée et orientée information. Cette forme de mémoire est idéale pour servir de mémoire « de secours » pour la mémoire anarchique.

*Mémoire universelle : les connaissances sont préservées à nouveau dans des bibliothèques ultra denses en information, mais cette fois-ci, CHACUNE de cette bibliothèque doit être exhaustive ou quasi-exhaustive. L'objectif principal est ici la centralisation de la totalité du patrimoine. Il s'agit cette fois d'une mémoire de masse et centralisée, toujours orientée information. Cette forme de mémoire n'existe pas encore car la technologie et la juridiction ne le permettent pas à l'heure actuelle, mais cela pourrait être amené à changer à l'avenir.

*Mémoire encapsulée : les connaissances sont préservées sous forme de quelques objets et messages à l'intérieur de capsules temporelles. L'objectif principal est la durée de préservation de l'item « encapsulé ». Il s'agit d'une forme de mémoire sélective, centralisée et orientée objet.

*Mémoire mixte : les différentes formes d'arches de connaissance mentionnées plus haut sont complémentaires les unes aux autres (par exemple, la mémoire thématique peut servir de « secours » pour la mémoire anarchique, la mémoire d'héritage peut faciliter la navigation dans la mémoire numérique...) et certaines peuvent même fusionner (la mémoire anarchique est peut-être en train de se transformer graduellement en mémoire numérique, et le jour où la technologie le permettra, une capsule temporelle peut tout à fait convenir pour une mémoire thématique voire universelle).

Chaque typologie d'arche de connaissance a un intérêt et aucune n'est réellement plus pertinente qu'une autre. Surtout qu'il faut garder à l'esprit que certaines contraintes sont difficiles à marier entre elles. L'accessibilité et la longévité en particulier peuvent être des contraintes antagonistes, puisque pour faire en sorte qu'une arche survive le plus longtemps possible, la meilleure solution est souvent d'éloigner le plus possible cette arche de tout être humain, ce qui permet certes d'éviter nombre de

risques d'agressions externes mais limite l'intérêt d'une arche de connaissance, qui reste avant tout destinée aux générations futures. Pour le dire autrement, toutes les formes d'arches de connaissances que nous avons abordées et que nous aborderons sont complémentaires, et toutes ces formes méritent de voir le jour, sans que cela implique des coûts vraiment astronomiques.

Mais puisque l'on aborde la question de la typologie des arches de connaissances, attardons-nous désormais sur un cas particulier qui va tout particulièrement nous intéresser pour la suite, à savoir, le cas des arches de connaissances conçues exclusivement pour la durée (mémoire encapsulée). En effet, c'est la seule catégorie d'arche que nous n'avons pas abordée jusqu'ici, alors qu'il s'agit celle pour laquelle la contrainte de la longévité est la plus fondamentale. C'est l'occasion de rappeler aussi le concept de capsule temporelle : une capsule temporelle consiste en la création d'une « boîte » dans laquelle peut être insérée n'importe quel objet ou support d'information au choix du créateur de la boîte. Cette boîte est alors stockée voire enfouie dans un lieu relativement isolé et n'est destinée à être ouverte qu'après une période de temps très longue, voire à ne pas être ouverte du tout. La capsule temporelle est donc conçue soit dans une optique de longévité maximale, soit dans une optique de longévité programmée. Dans tous les cas, l'idée des capsules temporelles repose entièrement sur une volonté de préservation pour la préservation, et par corollaire, sur une volonté que rien ni personne ne vienne ouvrir le contenu de la capsule au moins pour un certain temps. La principale vertu des capsules temporelles est donc d'échapper en grande partie au paradoxe de l'accessibilité, puisqu'en théorie, pour un projet de capsule temporelle bien conçu, personne ne peut accéder au contenu d'une capsule avant une certaine date, et dans certains cas, le contenu et/ou la localisation de cette capsule peut même constituer un secret. Une arche de connaissance est finalement une forme particulière de capsule temporelle, qui ambitionne de constituer une mémoire des connaissances et même de l'ensemble du patrimoine créé par l'humanité, mais par essence, rien ne distingue fondamentalement les arches des autres formes de capsules temporelles, au-delà de la quantité d'information préservée. Mais jusqu'ici, nous avons considéré qu'une arche de connaissance devait absolument être simultanément exhaustive, accessible et durable, alors que si l'on jette un œil parmi les autres formes de capsules temporelles, celles-ci ne sont pas toutes conçues avec ces trois objectifs en tête, et le plus souvent, c'est surtout la longévité qui prime, le contenu de la capsule pouvant n'être qu'un prétexte purement symboliquement, un moyen de laisser quelque chose qui peut défier l'immensité et l'apparente éternité du cosmos.

Désormais, attardons-nous donc sur le cas particulier des arches de connaissances qui s'affranchissent des contraintes d'exhaustivité et -surtout- d'accessibilité pour privilégier la longévité extrême. A noter au passage qu'avec les technologies de stockage que nous évoquions plus tôt, la contrainte d'exhaustivité est beaucoup plus facile à marier avec la longévité que ne l'est la contrainte d'accessibilité : des supports à la fois durables et à forte capacité de stockage existent. Si cette forme d'arche va particulièrement nous intéresser, c'est notamment parce qu'on peut faire fit de nombreux obstacles (notamment celui de la préservation active et de la transmission) et qu'un tel projet peut avoir une portée symbolique beaucoup plus forte. L'objectif de rendre nos connaissances intactes pour nos descendants lointains devient secondaire au regard de celui de créer une sorte de bibliothèque ultime du savoir humain, qui aurait la capacité de survivre même à l'extinction de l'humanité. Sur un malentendu, ces arches peuvent même être découvertes par « quelqu'un » qui n'aurait aucune idée de l'existence de notre civilisation, et aurait alors entre les mains une véritable boîte noire du savoir de tout un monde disparu.

Les arches de connaissances sont la forme aboutie des capsules temporelles les plus ambitieuses

Les capsules temporelles ne sont pas une invention récente, puisque techniquement, la plupart des traces archéologiques laissées par nos ancêtres peuvent être considérées comme des capsules involontaires. Chaque découverte archéologique comporte en effet son lot d'objet, de traces humaines, et même parfois de textes et autres représentations artistiques. Les grottes des Lascaux, les ruines de Catalhöyük, ou encore la pierre de Rosette sont alors autant d'exemples de capsules temporelles. Mais ce qui va nous intéresser, c'est surtout le cas des capsules volontaires, celles que des individus précis ont décidé de laisser aux générations futures, voire à personne en particulier. Le plus ancien exemple connu est celui des tablettes racontant l'épopée de Gilgamesh, gravées en Iraq durant l'époque mésopotamienne (vers -3000 avant notre ère), puisque ces tablettes mentionnent l'existence d'une boîte métallique enfouie sous terre à proximité de la ville d'Uruk, contenant un exemplaire de ladite épopée, mais en lapis lazuli. On a aussi retrouvé des lettres et des livres enfouis par divers individus, dont le nom nous est parfois inconnu, mais qui ont du coup réussi à laisser une trace de leur passage, une part d'eux-mêmes, bien longtemps après leur mort.

Au fil du temps, ces initiatives individuelles sont devenues de plus en plus ambitieuses, et ont même commencé à impliquer bien plus de personnes : c'est le cas de la crypte des civilisations à l'université d'Oglethorpe à Atlanta (en 1936), des capsules temporelles des expositions universelles de 1939 et 1965 à New York (Westinghouse time capsule I et II), de celle de l'Expo 70 à Osaka, ou encore du Millenium Vault en Angleterre, pour le passage à l'an 2000. Si la plupart des capsules, sont en règle générale de simples boîtes ou chambres scellées, avec divers objets et documents rassemblés à l'intérieur, certaines capsules peuvent être d'une nature beaucoup plus insolite. Par exemple, la Zeitpyramid en Allemagne, consiste en une pyramide de 120 blocs de bétons, chaque bloc devant être ajouté tous les 10 ans, ce qui signifie que la pyramide ne sera pas terminée avant l'an 3183, le projet ayant débuté en 1993. Il existe par ailleurs un film « 100 years » destiné à n'être vu qu'en l'an 2115. On peut également citer le projet d'horloge de 10000 ans de la Long Now Foundation, qui n'a pas encore vu le jour, ou encore les nombreuses initiatives pour prévenir nos descendants lointains de la présence de zones d'enfouissement de déchets nucléaires. Mais surtout, de nombreuses capsules temporelles ambitieuses sont également des capsules « spatio-temporelles », c'est-à-dire des projets embarqués à bord d'objets spatiaux lancés par l'humanité. Dès les missions Apollo sur la Lune, les humains ont laissé des petits objets d'art et des messages de bonne volonté. Après cela, les sondes Pioneer et Voyager sont restées célèbres entre autres pour comporter à leur bord, respectivement une plaque et un disque en vinyle, chacun contenant des informations sommaires sur la Terre et les humains. On trouve aussi de l'ADN humain à bord de la station spatiale internationale (Immortality Drive), des représentations de la dérive des continents à bord de la sonde LAGEOS-1, un DVD à bord de la sonde martienne Phoenix, et il existe même désormais des proto-bibliothèques spatiales sur la Lune et autour du Soleil, à l'initiative de l'Arch Mission Foundation.

Justement, à mesure que le concept de capsule temporelle se popularise, que la technologie progresse et que la fin prochaine de la civilisation apparaît de plus en plus probable aux yeux de beaucoup, de nombreuses organisations sont apparues à travers le monde, dont l'objectif n'est plus seulement d'encapsuler quelques objets épars ou des informations trop sélectives, mais d'aller beaucoup plus loin et de faire survivre un maximum de notre patrimoine et de nos connaissances aussi longtemps que possible. Autrement dit, les premières initiatives d'arches de connaissances ont commencé à voir le jour assez récemment, au début du XXI^e siècle. Les bibliothèques lunaires et solaires de l'Arch Mission

Foundation ne datent respectivement que de 2018 et 2017, tandis que cette organisation est aussi à l'origine d'une « Global Knowledge Vault » (littéralement, un coffre-fort de notre savoir) en Suisse, qui a vu le jour seulement en 2024. Ces projets ne sont plus de simples messages mais des petites bibliothèques comportant le contenu de l'encyclopédie Wikipédia, des archives linguistiques, des échantillons d'ADN et des exemplaires de livres gravés sur des disques conçus pour des longues durées. Cela se rapproche fortement de l'esprit des arches de connaissances et de la mémoire épistémique dont nous parlons depuis le début. Mais l'Arch Mission Foundation n'est pas la seule à vouloir sauver les connaissances de notre civilisation, on peut aussi évoquer le projet « Memory of Mankind » (une collection de tablettes de céramiques au contenu éclectique, entreposées dans les mines de sel d'Hallstatt en Autriche), le projet « Arctic World Archive » (une collection de quelques œuvres numérisées et de guides en 5 langues dans une salle dédiée aux îles Svalbard, à ne pas confondre avec la réserve mondiale de semences sur ces mêmes îles), ou encore le projet « Human Document Project » (une initiative de l'Université de Twente aux Pays Bas pour conserver des documents jusqu'à 1 million d'année). En parallèle, la numérisation des documents et la préservation du contenu d'Internet, pas toujours archivé correctement, deviennent des préoccupations majeures pour de nombreuses personnes, comme peuvent l'illustrer des initiatives telles que l'Internet Archive, Wolfram Alpha, l'Universal Digital Library ou encore le projet Gutenberg, pour ne citer qu'eux. Avec la multiplication des capsules temporelles, la multiplication des acteurs de ce milieu, et l'augmentation des ambitions portées par ces acteurs, le monde n'a jamais été aussi prêt de créer des arches de connaissances dignes de ce nom. Et ce sont les capsules temporelles qui en sont l'avant garde.

Il existe une grande variété de capsules temporelles

Il existe au moins deux grandes catégories de capsules temporelles volontaires (ce qui inclut les arches de connaissance). D'un côté on trouve les capsules à récupération programmée, c'est-à-dire les capsules conçues pour rester scellées pour une durée fixée, le plus souvent destinée à être ouverte à une date voulue par le concepteur de la capsule. Ces capsules sont généralement conçues dans l'idée d'être rendue accessible auprès des générations futures après une longue période d'hibernation, dans des décennies, des siècles, voire des millénaires pour les plus ambitieuses. Dans tous les cas, elles s'adressent avant tout à d'autres êtres humains. D'un autre côté, on retrouve les capsules à récupération non programmée, qui sont destinées à être ouverte à un moment indéterminé. Même si ça n'est pas systématique, ce sont souvent des capsules dont la longévité est exceptionnellement longue, et au vu de cette longévité, elles ne sont pas forcément conçues pour des humains, mais parfois même pour d'éventuels extra-terrestres ou pour des civilisations post-humaines sur Terre. Parfois même, ces capsules n'ont qu'un rôle symbolique et n'ont même pas de destinataires particuliers. Pour simplifier grossièrement, les capsules programmables sont davantage conçues pour des raisons pragmatiques (transmettre des savoirs), alors que les capsules non-programmables ont plutôt tendance être conçues pour des raisons artistiques (laisser un ultime témoignage de notre civilisation).

La première catégorie qui va nous intéresser ici, c'est celle des capsules temporelles programmables, c'est-à-dire celles pour lesquelles il existe une échéance d'ouverture. On constate que leurs concepteurs ont le plus souvent la volonté claire et nette de s'adresser à d'autres personnes, de transmettre un héritage d'humain à humain. La plupart du temps, ces capsules sont conçues lors d'événements culturels importants, on peut par exemple citer le passage à l'an 2000 pour le Millenium Vault, des expositions universelles comme celle de New York en 1939 ou d'Osaka en 1970 qui ont été des occasions d'enterrer des capsules temporelles, ou encore une date anniversaire telle que

l'indépendance d'un pays ou la fondation d'une ville. Aussi, les dates d'ouverture des capsules sont souvent programmées pour survenir elles-mêmes à une date anniversaire, c'est-à-dire telle que l'écart entre l'enfouissement de la capsule et son ouverture prévue est de 100 ans, 1000 ans, ou un multiple de ces derniers nombres (par exemple, la capsule du Westinghouse enterrée lors de l'exposition internationale de 1939 est prévue pour être ouverte en 6939, 5000 ans après). Ce ne sont d'ailleurs pas les échéances importantes qui manquent pour le reste du 21^e siècle : centenaire de la fin de la seconde guerre mondiale en 2045, centenaire de l'indépendance de l'Inde en 2047, centenaire de la fondation de la République Populaire de Chine en 2049, 1000 ans du royaume d'Angleterre en 2066, tricentenaire de la révolution française en 2089 etc. Il existe aussi de nombreuses approches et de nombreuses sous-catégories de capsules temporelles à récupération programmée :

*Les capsules souterraines : la plupart des capsules temporelles traditionnelles se résument à être des capsules au sens littéral du terme, des petits objets métalliques creux mais scellés, contenant diverses sortes d'items. Le plus souvent, ces capsules sont enterrées dans le sol, parfois sous une plaque commémorative ou sous un monument, avertissant le passant de ne pas ouvrir la capsule avant une certaine date donnée. Ce sont les formes les plus courantes de capsules temporelles, ainsi que les plus décrites, dans la mesure où la quantité d'information qu'elles renferment est très limitée. Comme exemple de capsule souterraine typique, on peut citer la British Columbia Time Capsule, enterrée à Victoria (Canada) en 1967, pour une ouverture prévue en 2067.

*Les salles temporelles : un cran au-dessus des capsules traditionnelles, il arrive que des salles entières à l'intérieur de bâtiments ou de galeries souterraines soient spécialement conçues pour stocker une grande quantité d'objet dans le cadre d'un projet de capsule temporelle. C'est le cas de la « Crypte des civilisations », une salle de l'université d'Oglethorpe à Atlanta (Etats Unis) aménagée en 1936 et destinée aux habitants de l'an 8113.

*Les capsules numériques : si par le passé, les capsules temporelles contenaient occasionnellement des manuscrits, des photographies, des livres ou même des microfilms pour contenir beaucoup d'informations dans un petit volume, de nos jours, les capsules peuvent contenir des supports de stockage électroniques et numériques, capables de recueillir bien plus d'information. Il existe ainsi de nombreuses initiatives spontanées pour enterrer ou protéger des disques durs et autres supports numériques dans des petites capsules mises sous Terre.

*Les projets architecturaux : il ne s'agit pas à proprement parler de « capsules », mais plutôt de constructions humaines spécialement pensées pour durer très longtemps, voire pour être construite pendant très longtemps. On peut citer le cas de la grande muraille de Chine, de certaines cathédrales, nécropoles, ou sites d'enfouissement de déchets nucléaires. La Zeitpyramide est autre exemple contemporain de capsule temporelle de ce type, dont la construction est censée durer jusqu'en 3183. Par extension, on peut aussi englober certains types de mobilier urbain (plaques, statues ou stèles commémoratives par exemple).

*Les capsules orbitales : certaines capsules sont adossées à des satellites en orbite autour de la Terre, pouvant donc retomber sur cette dernière après un certain temps. Par exemple, des DVD devraient être placés dans le satellite KEO (dont le lancement n'a pas encore été annoncé) pour retomber sur Terre dans quelque 50000 ans et ainsi être disponibles aux éventuels êtres humains qui vivront sur Terre à ce moment-là. Bien entendu, les capsules envoyées sur la surface d'autres corps célestes ou dans le vide interstellaire ne font pas partie des capsules temporelles à récupération programmable.

A noter que dans tous les cas, pour s'assurer que les capsules temporelles ne soient pas ouvertes avant l'échéance prévue, il est crucial, dans un premier temps, de répertorier les capsules temporelles qui existent à travers le monde, associées à leur date d'ouverture prévue. Dans un second temps, il faut

bien évidemment aussi trouver des moyens de faire en sorte que l'existence et la localisation de ces capsules ne soit pas oubliée par les générations futures, ce qui peut passer par toutes sortes de techniques : plaques commémoratives, instruction publique, pierres de rosettes dispersées sur le globe etc. L'un des plus grands risques encourus par ces capsules, c'est que leur oubli conduise à une destruction involontaire (lors de travaux de rénovation par exemple).

Les capsules temporelles actuelles ont un potentiel énorme mais sont encore trop limitées

A l'heure actuelle, le contenu de la plupart des capsules programmées est relativement restreint : des objets du quotidien, des petits appareils, des enregistrements sonores, des messages de bonne volonté, des échantillons de matériaux ou de semences, quelques copies de documents, parfois convertis en film ou en support numérique etc. Cependant, pour qu'une capsule temporelle puisse avoir un véritable intérêt pour les générations futures, il ne faut pas qu'il s'agisse d'un simple « échantillon » d'objets de l'époque où elle a été créée, même si cet échantillon est représentatif. D'ailleurs, certaines ouvertures de capsules temporelles enterrées au début du 20^e siècle ou au 19^e siècle ont souvent donné lieu à des déceptions, notamment pour les historiens ou les archivistes, puisque le contenu des capsules est souvent trop pauvre pour en tirer des renseignements sur l'époque de leur création. Ainsi, pour qu'une capsule temporelle soit réellement pertinente, c'est à dire une « arche » de connaissance, il faudrait idéalement qu'elle contienne un maximum d'informations, donc un maximum possible d'encyclopédies, de langues, d'ouvrages scientifiques, d'images, de représentations, de vidéos, de musiques, d'enregistrements sonores, d'œuvres artistiques ou historiques et bien d'autres éléments de patrimoine. Par conséquent, un projet de capsule temporelle « 2.0 » a bien plus d'utilité pour les futurs historiens si elle contient des informations non seulement représentatives de notre civilisation (nos connaissances stricto-sensu, nos traditions, notre Art, nos modes de vie et de pensée...), mais aussi très complètes. On l'a dit, il existe des supports qui permettent désormais de stocker un grand nombre de données, et avec la numérisation, il est possible de sauvegarder autrement ce qui relève du patrimoine inamovible ou vulnérable, ne pouvant pas être « encapsulés ». Des projets tels que « Memory Of Mankind » en Autriche ou encore le « Global Knowledge Vault » en Suisse vont plutôt dans la bonne direction en proposant d'archiver le contenu de plusieurs encyclopédies respectivement gravées dans des tablettes de céramiques et gravées dans les fameux disques optiques 5D que nous ne cessons pas de remettre sur le tapis.

Un pas supplémentaire serait également franchi en essayant de préserver le contenu de bibliothèques entières, d'archives nationales ou privées ainsi que de numériser massivement le contenu des musées et d'autres sites culturels importants, afin que les générations futures se retrouvent avec beaucoup plus de connaissances exploitables. Cela permettrait ainsi aux capsules temporelles de véritablement remplir leur rôle « d'arches » des connaissances, et donc de contrer efficacement le risque d'amnésie sociale massive en cas d'effondrement et/ou de débordement totalitaire de la civilisation. D'ailleurs, on rappelle qu'une arche de connaissance peut aussi être vue comme une « boîte noire » pouvant avertir nos descendants des dangers encourus par notre civilisation (conflits, gestion économique, réchauffement climatique, ethnocides...) ou même, dans les cas extrêmes, avertir nos descendants d'une potentielle catastrophe à venir. On peut penser par exemple aux marqueurs prévus sur les sites d'enfouissement de déchets nucléaires (Waste isolation Pilot Plant au Nouveau Mexique, Site de Bure en France...) ou dans des zones à forte contamination radioactive autour de Tchernobyl et Fukushima. La constitution de capsules temporelles à récupération programmée s'inscrit ainsi dans une démarche

longtermiste, c'est-à-dire une approche éthique qui met au centre des considérations les perspectives des générations futures.

Les capsules temporelles peuvent ne pas avoir de destinataire défini

L'autre grande catégorie de capsules temporelles, comporte toutes celles qui n'ont pas été conçues à la base pour une récupération à une date précise. Là encore, comme pour les capsules à récupération programmée, on peut identifier une grande variété d'approches :

*Capsules terrestres : de nombreuses capsules temporelles volontaires n'ont pas forcément de date d'ouverture, et sont conçues pour durer longtemps sans pour autant s'adresser à une époque en particulier. On peut par exemple évoquer le cas de l'Arctic World Archive sur l'île Svalbard, contenant des milliers d'archives numériques (hors réseau) converties en films ainsi que des guides en 5 langues. Les capsules terrestres peuvent être des capsules classiques, des capsules numériques, ou encore des projets architecturaux, de même nature que les capsules à récupération programmées vues précédemment. Par extension, on peut aussi englober dans cette sous-catégorie les « bouteilles à la mer », des bouteilles vidées de leur contenu liquide dans lesquelles sont placées des lettres manuscrites, bouteilles qui sont ensuite littéralement jetées à la mer, dans l'optique que quelqu'un les récupère « un jour ». Les capsules terrestres ont l'inconvénient d'être vulnérables à l'usure (notamment l'érosion et la corrosion) ainsi qu'à la destruction, volontaire ou non. En revanche, elles sont celles qui sont les plus accessibles parmi toutes les sous-catégories de capsules non-programmées, puisqu'elles se situent sur Terre.

*Capsules immatérielles : dans cette catégorie de capsules, on trouve essentiellement les messages radios et par extension, toute forme de signal électro-magnétique envoyé dans une direction particulière dans l'espace. Depuis que l'humanité a inventé des signaux radios suffisamment puissant pour percer l'atmosphère, le contenu des émissions de radios, des programmes de télévision ou encore d'Internet se disperse malgré nous dans l'espace, dans une bulle radio qui s'étend à la vitesse de la lumière autour de la Terre. A noter d'ailleurs que ces signaux radios involontaires sont de plus en plus faibles à mesure que la distance parcourue s'accroît. Cependant, il existe aussi des signaux radios envoyés volontairement dans l'espace, en direction de systèmes solaires bien précis, dans l'espoir qu'une réponse soit un jour envoyée par une éventuelle civilisation extra-terrestre en direction de la Terre. Par exemple, on peut parler du message d'Arecibo, un court message radio codé en binaire destinée à la nébuleuse Messier 13 (25000 années lumières de notre système solaire), émis en 1974. Si la plupart des spécialistes s'accordent pour dire qu'il y a une probabilité très faible qu'une civilisation extra-terrestre reçoive effectivement un jour un message envoyé par l'humanité, on peut néanmoins considérer que ces « messages » ont une raison d'être bien plus symbolique, et sont créés pour le compte de notre propre civilisation plutôt que d'éventuels extra-terrestres.

*Capsules spatio-temporelles : ce type de capsule consiste en des objets ou des supports d'information, non-récupérable, que l'on dissémine dans l'espace, où les conditions de préservation sont bien plus favorables (moyennant l'absence de collision avec un corps céleste, dont la probabilité reste infime au vu de l'immensité du vide spatial), puisque de nombreux aléas terrestres (humidité, vent, conflits, censure...) y sont absents. Pour cette raison, les capsules spatiales sont conçues pour avoir une durée de vie considérablement plus importante, de l'ordre de millions ou de milliards

d'années. Par ailleurs, lorsqu'il y a des destinataires, il ne s'agit pas forcément de nos descendants lointains, mais potentiellement aussi d'autres espèces intelligentes, ou même extra-terrestre. Pour cette sous-catégorie de capsules, il existe plusieurs stratégies possibles : déposer la capsule sur ou sous la surface d'un corps du système solaire (on peut penser au « musée lunaire » déposé sur la Lune par les astronautes de la mission Apollo 12), envoyer la capsule en orbite lointaine autour du Soleil (on peut penser à la bibliothèque solaire de l'Arch Mission Foundation à bord d'une automobile envoyée dans l'espace), ou encore envoyer une sonde dans l'espace lointain (on peut penser aux sondes Pioneer 10 et 11 ainsi qu'aux sondes Voyager, auxquelles sont adossées respectivement une plaque et un disque vinyle doré). Dans un futur très lointain, certains envisagent même qu'il soit possible de créer des sondes interstellaires capables de quitter la galaxie ou encore capable d'autoréplication, mais cela reste de la science-fiction pour le moment.

Dans tous les cas, on pourra remarquer que beaucoup d'exemples de capsules temporelles à la récupération non programmée ne sont potentiellement même pas récupérables en premier lieu, voire ne sont même pas conçues pour l'être. Par exemple, le Voyager Golden Record, le disque doré à bord des sondes Voyager 1 et 2 est d'une certaine manière moins conçue pour être récupéré par des extra-terrestres que pour servir de bouteille à la mer « ultime » pour l'humanité. C'est là qu'il nous faut rappeler que les capsules temporelles ne doivent pas être vues « simplement » comme des arches de connaissances (ce qui est ceci dit déjà ambitieux en soi) mais aussi et surtout comme des moyens pour l'humanité de défier notre mortalité ainsi que le caractère éphémère du monde qui nous entoure. Cet acte de défi passe ainsi par la création d'un objet, idéalement une nouvelle bibliothèque d'Alexandrie, en se focalisant sur la longévité et rien que la longévité lors de la conception. Les capsules à récupération non programmées, notamment les capsules spatiales, ont moins pour objectif la préservation du patrimoine que celui plus symbolique de laisser dans l'Univers quelque chose qui nous dépasse, mais dont on peut se revendiquer fièrement comme créateurs. Notre science et notre patrimoine, c'est notre réponse de créatures à la création.

Nous pouvons aller très loin dans la conception d'une mémoire épistémique ultime

La conception des capsules temporelles se veut de moins en moins rudimentaire au fil du temps. Si les premières capsules temporelles de l'Histoire étaient relativement pauvres en information, les innovations technologiques ainsi que la volonté d'un nombre croissant d'initiateurs ont permis de donner naissance à des initiatives de plus en plus ambitieuses. On est passé de simples boîtes contenant quelques messages et items, à des baies de stockage titanesque capable d'emmagasiner le contenu du Web, des modélisations de villes entières, des traditions en provenance du monde entier ou encore le code génétique de milliers de formes de vie, et bien d'autres choses encore etc. Avec la maîtrise de nouveaux matériaux, on peut espérer sauvegarder des informations pour des temps très long, que ça soit avec de l'or, de l'acier inoxydable, de l'ADN, du béton, des nanomatériaux ou encore certains cristaux, tels que ceux employés pour la mémoire optique 5D, qui pourraient survivre jusqu'à plusieurs milliers de milliards de milliards d'années, ce qui est même assez proche des ordres de grandeur estimés pour la fin de l'ère stellifère de l'Univers. La société industrielle contemporaine est désormais capable de creuser des réseaux souterrains de plus en plus longs et profonds, dans des lieux de plus en plus inaccessibles, dans lesquels une capsule temporelle a beaucoup plus de probabilité de rester scellée pour très longtemps.

Mais c'est surtout grâce à la conquête spatiale et à l'astronomie qu'il y a eu un tournant dans la portée des capsules temporelles de ces dernières décennies : on peut désormais envoyer des signaux radios dans toutes les directions, on peut disséminer des sondes à travers le système solaire depuis Luna 1, voire à travers la galaxie depuis Pioneer 10. On l'a vu, l'espace présente de nombreux atouts pour la longévité des capsules, ne serait-ce que par la quasi-absence d'aléas naturels ou anthropiques, mais aussi parce que notre planète Terre est vouée à disparaître lorsque le Soleil mourra, alors que certains corps lointains du système solaires (les géantes gazeuses et leurs satellites naturels, ainsi que les comètes et les planétoïdes) survivront bien au-delà de cet événement. Dans le milieu interstellaire, où la densité d'objets céleste est encore plus faible que dans le système solaire, la longévité d'une capsule temporelle pourrait y être encore plus grande, on estime d'ailleurs que les sondes Pioneer et Voyager ne devraient pas entrer en collision avec une autre étoile ou reste d'étoile avant environ 100 milliards de milliards d'années. Bien entendu, plus le nombre de capsules temporelles envoyées dans l'espace sera élevé, plus la probabilité que l'une d'elle reste intacte encore plus longtemps sera élevée.

Après l'ère des petites boîtes mises sous scellée enterrée à même le sol, les nouvelles capsules temporelles « 2.0 » sont donc désormais de véritables encyclopédies disséminées à travers la Terre ainsi qu'à travers le cosmos, sachant que de nouvelles évolutions sont encore possible dans les années à venir pour centraliser toujours plus de connaissances dans un espace toujours plus restreint. Avec les nanotechnologies, peut-être que la durée de vie maximale pour un support d'information pourrait encore s'allonger, sans sacrifier la capacité de stockage. Avec les progrès en matière d'astronautique, peut être seront nous en mesure de créer des sondes capables de naviguer jusque dans l'espace intergalactique, et non plus interstellaire, ou encore de doter chaque sonde d'un bouclier suffisamment solide pour protéger une capsule temporelle de n'importe quelle collision avec un astre relativement petit (comète, astéroïde...), même à grande vitesse. Avec les progrès en matière de robotique et d'impression 3D, peut être pourrait-on même envisager de créer des sondes dotées d'une intelligence relativement autonome, éventuellement capable de s'auto-entretenir, voire de s'auto-répliquer, augmentant toujours plus la durée de vie des connaissances stockées dans la mémoire de telles sondes. Des évolutions politique et juridiques sont également envisageables dans un futur proche, notamment pour faciliter la sauvegarde des œuvres artistiques ainsi que des publications scientifiques ou autres en passant outre les droits d'auteurs, qui est un des principaux obstacles à la constitution d'une bibliothèque d'Alexandrie moderne. A la réflexion, cela n'a pas vraiment de sens de chercher à protéger par les droits d'auteurs des œuvres contenues dans une capsule temporelle, dans lesquelles elles ne peuvent être consultées ou diffusées, et dans lesquelles elles seront préservées pour l'éternité. On pourrait même envisager de stocker des informations confidentielles dans les capsules temporelles, celles-ci étant de toutes façons inaccessibles pour l'ensemble de l'espèce humaine à l'heure actuelle.

Enfin, une dernière évolution possible concerne l'agencement des informations contenues dans la capsule temporelle, c'est-à-dire la création de nouvelles méthodes pour hiérarchiser, classer ou encore lier entre elles l'ensemble des informations. La capsule temporelle « 3.0 » ne serait alors pas qu'une banque de connaissance, mais aussi une base de données très structurée, un réseau d'information capable d'imiter au moins partiellement l'agencement du monde réel. On peut envisager d'intégrer dans une telle capsule un programme informatique capable de faire de nombreuses sortes de simulations informatiques de phénomènes complexes (mouvements céleste, climat, mobilités humaines, circuits électromécaniques...). En somme, la version la plus aboutie possible d'une arche de connaissance, ce serait un modèle complet de l'Univers observable, humanité comprise.

CONCLUSION

Nous allons tous mourir un jour, et en attendant, nous vivons tous sans raison particulière bien définie. En tant qu'individu, nous sommes confrontés en permanence à l'absurdité de l'existence, à l'absence d'objectifs consensuels et clairs, même si nous sommes parfois persuadés que notre vie possède un sens ou que nous essayons d'en créer par nous-mêmes. La seule « certitude » de la mort nous pousse à choisir toute sorte de critères pour mener une vie satisfaisante malgré sa durée limitée (plaisir, bien moral, sacrifice, altruisme, création, savoir...), et parfois sans même nous en rendre compte, nous avons besoin de laisser notre marque (une nouvelle idée, un projet artistique, un métier, une progéniture etc.) qui survivra à notre mort. Par extension, la civilisation toute entière travaille à maintenir sa propre stabilité dans le temps, malgré le nombre faramineux de contraintes et les divisions internes au sein de la société, exacerbées par le ballet continu de naissances et de décès. Nous allons mourir en tant qu'individu, mais nous allons aussi un jour mourir en tant que civilisation. Inévitablement, quelque catastrophe finira bien par mettre fin à notre espèce. Ça ou les mutations génétiques et le fait que nous n'aurons peut-être pas trouvé de « planète B » avant les dernières heures du système solaire. Le Soleil s'éteindra en effet à son tour dans 5 à 7 milliards d'années, après une phase d'expansion qui rendra la Terre inhabitable puis qui la vaporisera. Ensuite, dans environ cent mille milliards d'années, l'Univers entrera dans une phase pendant laquelle toutes les étoiles auront brûlé leur combustible et plus aucune nouvelle étoile ne pourra se former faute de matière disponible. A titre de comparaison, avec le stockage optique 5D, l'ordre de grandeur estimé pour la durée de vie d'une capsule temporelle qui emploierait cette technologie serait de l'ordre de 30 à 3000 milliards de milliards d'années. Par conséquent, il ne restera plus dans l'Univers que des cadavres d'étoiles (trous noirs, des pulsars, naines blanches et noires) ainsi que des grains de poussières isolés, lesquelles finiront eux-aussi par disparaître après un temps encore plus long : dans au moins 10^{100} milliards d'années, ce sera la mort thermique de l'Univers. Les particules de matière seront aussi tellement éloignées les uns des autres à cause de l'expansion de l'Univers que plus jamais de nouveaux corps matériels ne pourront se former. Bien longtemps après cela, plus aucune particule n'existera et l'Univers entrera dans son état d'énergie final, à moins que l'espace-temps lui-même ne se disloque entre temps ou que des fluctuations quantiques ne donnent naissance à un nouvel Univers.

Si la longévité extrême fait partie de l'essence même de tout projet d'arche de connaissance, alors cela signifie qu'une telle capsule temporelle ne doit pas seulement être comprise en tant que « trace » de notre passage, comme n'importe quel œuvre artistique. Tout d'abord, contrairement à une œuvre d'art, qui est surtout un héritage individuel, l'arche de connaissance est un héritage commun de toute l'humanité, ou du moins, de l'ensemble des peuples et des civilisations qui l'ont conçue et dont le patrimoine est parvenu jusqu'à aujourd'hui. Là où l'œuvre d'art est classiquement un projet de cœur pour un individu, voire une petite équipe, qui voulaient consciemment ou non laisser leur empreinte sur le reste du monde, l'arche est une œuvre collective globale, civilisationnelle, et même planétaire. Il ne s'agit pas seulement d'imprimer une vision personnelle du monde, il s'agit d'imprimer un large panel de perspectives et de connaissances, et de faire subsister ce mélange pour des générations et des générations, et au-delà. L'arche de connaissance, si elle sert de mémoire épistémique, elle sert aussi de « vaisseau » pour tous les artistes, qu'ils soient peintres, écrivains, dramaturges, cinéastes, musiciens etc. Grâce aux nouvelles technologies, nous pourrions encapsuler dans un petit volume des milliers d'œuvres d'art de toutes sortes et de toutes provenances, qu'ils s'agissent de chefs d'œuvre ou non. Cela peut même s'étendre à tout projet créatif sans prétention mais hautement personnel pour celui qui l'aura créé, un message, un dessin, une aquarelle naïve ou toute autre marque personnelle.

Ce n'est pas un hasard si de nombreuses capsules temporelles existantes consistent majoritairement en des témoignages, des souvenirs, des messages, et autres signatures. L'arche de connaissance pourrait donc être le vecteur de tout ce qui a un jour motivé une personne existante à laisser un héritage symbolique après sa mort. L'arche est en fait le prolongement de n'importe quelle œuvre d'art mais pour le compte d'une civilisation, d'une espèce, voire d'une biosphère toute entière.

Toujours en s'inscrivant dans la volonté de créer une mémoire épistémique, l'arche de connaissance, c'est aussi la mémoire de toute connaissance, ou connaissance potentielle que la civilisation aura accumulé au fil des siècles dans le but de tenter de comprendre quel est ce grand Tout dans lequel nous nous réveillons chaque jour. Toute notre Science, agrémentée de toutes nos spéculations philosophiques, c'est un autre héritage collectif de notre civilisation, mais cette fois-ci, il s'agit non pas d'un agrégat de plusieurs perspectives individuelles, mais plutôt d'une sorte de « golem », de patchwork sans auteur défini, si ce n'est l'espèce humaine sur la planète Terre. Notre héritage scientifique (et par extension, épistémique au sens strict), peut également être considéré comme une tentative de l'Univers, à travers l'humanité, de se contempler lui-même, et les arches seraient donc une cristallisation de cette tentative. Nous l'avons dit, il y a de nombreux enjeux symboliques derrière la création d'une arche, et l'un d'eux, c'est l'opportunité de pouvoir donner à l'Univers une sorte de mémoire interne, beaucoup plus durable que celle des êtres fragiles que nous sommes. La collecte et la préservation des connaissances équivaut en fait à inventer une recette d'immortalité, à prolonger artificiellement la durée de toute les choses, de tout élément de l'Univers qui a pu faire l'objet de l'attention de ce dernier à travers l'humanité. Le moindre arbre qui a été photographié existera toujours à travers la photographie, la moindre personne à avoir signé son nom existera toujours à travers sa signature, le moindre phénomène, s'étant manifesté à l'humain aura son double, virtuel et éternel, à travers les montagnes d'images, de textes, de simulations informatiques, de bases de données, de sons et autres descriptifs encapsulés. L'arche de connaissance permet de donner la vie (quasi) éternelle à tout ce qui était voué à être éphémère, que ça soit dans la nature ou dans la vie humaine. Elle est un moyen de défier l'instabilité de l'Univers, de lui donner une réplique virtuelle qui pourrait peut-être même survivre au-delà de sa mort thermique. Lorsque c'est l'humanité elle-même qui disparaîtra, l'Univers pourrait « perdre son meilleur biographe » selon une expression connue, mais à travers ces arches de connaissance, l'Univers ne perdrait pas sa meilleure biographie.

ANNEXE 1 : CAPSULES TEMPORELLES MAJEURES

Projet	Date de création	Date de récupération	Type de capsule	Contenu
Epopée de Gilgamesh	-3000	N/A	Capsule métallique enfouie sous terre	Instructions au début de l'épopée de Gilgamesh pour retrouver une boîte de cuivre près du mur d'Uruk, contenant un exemplaire de l'épopée de Gilgamesh (mythologie mésopotamienne) en lapis-lazuli
La crypte des civilisations (Université d'Oglethorpe, Atlanta)	1936	8113	Salle dédiée	Microfilms, livres (Bible, Coran, l'Illiade d'Homère, l'Enfer de Dante...), script du film « Autant en emporte le vent », enregistrements vocaux de divers dirigeants, machine à écrire, radio, caisse enregistreuse, fil dentaire, jouets en plastique, bouteille de Bière Budweiser...
Westinghouse time capsule I (New York World's Fair)	1939	6939	Capsule métallique enfouie sous terre	Textiles et matériaux, microfilms contenant 10 millions de mots (1 catalogue, 1 dictionnaire et 1 almanach) et 1000 images, microscope, films d'actualité de la RKO, copies de magazines Life, poupée, un dollar, un paquet de cigarette, un chapeau, des graines...
Westinghouse time capsule II (New York World's Fair)	1965	6939	Capsule métallique enfouie sous terre	Livre d'or contenant de nombreux messages et signatures, items de vie quotidienne, assortiment de matériaux développés dans les années 1940s à 1960s, sélection d'écrits (nucléaire, espace, humanités...) ...
British Columbia Time Capsule (Confederation Garden Court, Victoria, Canada)	1967	2067	Capsule métallique enfouie sous terre	Enregistrements datant de 1966 et 1967
Messages de bonne volonté d'Apollo 11	1969	N/A	Objets déposés sur la surface de la Lune	Disques de silicium contenant des messages de nombreux dirigeants du monde de l'époque ainsi que du pape. Objets annexes : insigne d'Apollo 1, médailles commémoratives soviétiques, branche d'olivier, drapeau américain
Musée lunaire (Apollo 12)	1969	N/A	Plaquette de céramique déposée sur la Lune	Dessins divers
Château d'Osaka (Expo'70, Japon)	1970	6970	Capsule métallique enfouie sous terre	2098 items : radio, enregistrement d'une chanson populaire japonaise, livre de compte, fibroscope, nourriture pour astronautes, graines...
Plaques Pioneer (sondes Pioneer 10 et 11)	1971	N/A	Plaque adossée à une sonde spatiale	Représentations d'êtres humains et de divers symboles
Fallen Astronaut (Apollo 15)	1971	N/A	Objet déposé sur la Lune	Statuette d'astronaute en aluminium et plaquette contenant le nom des 14 astronautes morts jusqu'en 1971
Message Arecibo	1974	25974	Message radio interstellaire	Représentations symboliques (nombre, numéros atomiques, formules chimiques de l'ADN...) codées en binaire
Plaque LAGEOS (sonde LAGEOS-1)	1976	N/A	Plaque adossée à une sonde spatiale	Représentations de la dérive des continents
Voyager Golden Record (sondes Voyager 1 et 2)	1977	N/A	Disque adossée à une sonde spatiale	Enregistrements sonores en plusieurs langues, enregistrements musicaux, une centaine d'images, carte de pulsars
Zeitpyramid (Allemagne)	Débuté en 1993	3183	Construction	Pyramide de 120 blocs de bétons ajoutés un à un par intervalle de 10 ans
Millenium Vault (Guildford, Angleterre)	2000	3000	Capsule métallique enfouie sous terre	Item du 20 ^e siècle : voiture, bicyclette de postier, micro-onde, boîte au lettre...

Projet	Date de création	Date de récupération	Type de capsule	Contenu
High-Density Rosetta (sonde Rosetta) (Long Now Foundation)	2004	N/A	Objet adossé à une sonde spatiale	Prototype de disque pour le Rosetta Project
Réserve mondiale de semences du Svalbard (Norvège)	2006	N/A	Salle dédiée	Graines de toute culture vivrière
Yahoo Time Capsule	2006	N/A	Salle dédiée, données numériques	Compilation de contenus numériques (vidéos, messages, images...)
« Visions of Mars » (Sonde martienne Phoenix)	2008	N/A	Objet adossé à une sonde spatiale	DVD contenant une bibliothèque sur la planète Mars
Immortality Drive (ISS)	2008	N/A	Support d'information à bord d'une station spatiale	Echantillons d'ADN humains et copie d'un livre pour enfant
Memory of Mankind (Hallstatt, Autriche)	Débuté en 2012	N/A	Salle dédiée dans les souterrains d'une mine de sel	Tablettes de céramique (contenu fourni par des particuliers, collecte de journaux, profils Facebook, magazines ou mensuels, contenus fournis par institutions -universités, industries nucléaires, bibliothèques....-)
Film « 100 years »	2015	2115	Film conservée dans un coffre-fort scellé	Film de cinéma
Arctic World Archive (Iles Svalbard, Norvège)	2017	N/A	Salle dédiée	Films hors ligne (versions numérique du cri d'Edvard Munch, de la divine comédie de Dante, de la série Galileo, code open source GitHub...), guides en 5 langues (anglais, arabe, espagnol, chinois, hindi)
Bibliothèque solaire (Arch Mission Foundation)	2017	N/A	Objet à la dérive dans l'espace	Automobile contenant un disque optique 5D
Bibliothèque lunaire (sonde Beresheet) (Arch Mission Foundation)	2018	N/A	Support d'information adossé à une sonde spatiale	Bibliothèque de 30 millions de pages (30 langues, encyclopédies dont Wikipédia...), tardigrades, secrets magique de David Copperfield, recette du café Guesco, sanctuaire microscopique, feuille de thé Bodhi
Bibliothèque lunaire (sonde Odyssee) (Arch Mission Foundation)	2024	N/A	Support d'information adossé à une sonde spatiale	Disques de Nickel (60000 pages de texte) et stockage moléculaire sur ADN (20000 images et 20 livres)
Global Knowledge Vault (Flums, Suisse) (Arch Mission Foundation)	2024	N/A	Support information de masse	Disque optiques 5D contenant le contenu de Wikipédia et une archive linguistique type Rosetta, échantillons d'ADN de plusieurs espèces animales
Rosetta Project (Long Now Foundation)	A définir	N/A	Support information de masse	Disques contenant des échantillons de mots et l'archivage de plusieurs milliers de langues
Horloge de 10000 ans (Long Now Foundation)	A définir	Dans 10000 ans	Artefact conserve dans une salle dédiée	Mécanisme conçu pour fonctionner pendant 10000 ans
Marqueurs permanents du Waste Isolation Pilot Plant (Nouveau Mexique)	A définir	Dans 10000 ans	Piliers de granit	Pictogrammes et avertissements en 7 langues (anglais, français, russe, arabe, espagnol, mandarin, navajo) sur les dangers des déchets radioactifs stockés sur le site
Human Document Project (Université de Twente, Pays Bas)	A définir	1 million d'années	A définir	A définir
KEO	A définir	Dans 50000 ans	Objets adossés à un satellite	DVDs contenant des messages personnels, échantillons (air, eau de mer, terre), diamant contenant des traces de sang humain, horloge astronomique, photographies, encyclopédie

Projet	Date de création	Date de récupération	Type de capsule	Contenu
Sonde de Bracewell	A définir	N/A	Sonde interstellaire autonome, potentiellement auto-répliquant	A définir

ANNEXE 2 : PROJETS FICTIFS D'ARCHES DE CONNAISSANCE

Désignation	Date d'inauguration	Description succincte	Typologie (mémoire...)	Lieu de préservation	Quantité d'information	Format	Echéance temporelle
			<i>Anarchique, Numérique, d'Héritage, Thématique, Universelle, Encapsulée, Mixte</i>	<i>Terre / Espace Centralisé / Dispersé</i>	<i>Massive / Intermédiaire / Très sélective</i>	<i>Matériel / Numérique / Immatériel</i>	<i>Indéterminée / < 1000 ans / < 10000 ans / > 10000 ans</i>
Human Blackbox Project (HBP)	2037	*Collection d'initiatives des institutions patrimoniales et connexes pour assurer la préservation sur le très long terme de ce qu'ils conservent *Amélioration de la préservation dans la continuité des méthodes actuelles (mémoire anarchique) *Les institutions patrimoniales du monde entier ont recours à des « backup » *Dernières technologies employées pour les backups (ADN, optronique 5D...) *Programmes de numérisation massive *Supervision éventuelles d'organismes internationaux (UNESCO...) *Certaines institutions se portent garantes pour d'autres institutions (redondance) *Apparition d'entreprises et d'ONG dédiées à la numérisation, aux backups etc.	Mixte (anarchique / numérique)	Terre, dispersé	Intermédiaire	Matériel / Numérique	Indéterminée
Internet Arch	2034	*Initiative privée pour archiver Internet (dans le prolongement de ce qui existe déjà -Internet Archive, Mega, Wolfram alpha...) *Création d'une « sauvegarde » d'Internet *Le contenu d'Internet est dupliqué et stocké dans une poignée de serveurs dédiés à travers le monde (centralisation) *Utilisation des dernières technologies (ADN, optronique 5D...)	Numérique	Terre, centralisé	Intermédiaire	Numérique	<1000 ans
Bibliothèque Universelle	2045	*Initiative internationale, voie mondiale, éventuellement supervisée par l'UNESCO pour créer une archive globale de l'ensemble du patrimoine sur Terre *Création dans un premier temps d'un index international et normé pour que tout item soit identifié avec un code unique *Création dans un second temps d'une bibliothèque publique internationale qui contiendrait une copie numérique de tous les items identifiés sur Terre *Projet réalisé dans le prolongement de ce que font déjà les bibliothèques nationales à l'échelle d'un pays	Universelle	Terre, centralisé	Massive	Numérique	Indéterminée

Désignation	Date d'inauguration	Description succincte	Typologie (mémoire...)	Lieu de préservation	Quantité d'information	Format	Echéance temporelle
		*Répartition du contenu de cette bibliothèque à une poignée d'endroits sur Terre, voire un seul endroit, selon les tensions géopolitiques entre pays membres *Mise en place éventuelle d'un traité international pour que ce projet soit compatible avec les lois des différents pays (en matière de droits d'auteurs et de préservation) *Il ne s'agit pas d'une bibliothèque accessible au grand public pour des raisons juridiques et pour faciliter la préservation à très long terme.					
Forêt de basalte	2400	*Projet architectural dont la construction est prévue pour durer plusieurs siècles *Enfouissement de tablettes d'argiles gravées, de bas-reliefs et de disques de rosette en contrebas du monument *Les tablettes sont gravées dans les 6 langues officielles de l'ONU (anglais, français, russe, arabe, mandarin, espagnol) ainsi qu'en hindi, en kiswahili en malais et en japonais. *Le contenu des tablettes porte sur des lois scientifiques et des théorèmes mathématiques ainsi que des extraits de divers œuvres littéraires du monde	Encapsulée	Terre, centralisé	Très sélective	Matérielle	<1000 ans
Laboratoire d'Eldorado	2035	*Laboratoire de recherche relativement isolée du reste du monde *La communauté des chercheurs et des étudiants qui vivent surplace est assez autonome, et les travaux manuels ont une place importante dans le cursus éducatif *Le laboratoire est équipé d'une archive comportant un nombre significatif d'ouvrage scientifique, sans être exhaustif *L'apprentissage et la mémorisation de connaissances fondamentales dans tous les domaines est une des particularités de ce laboratoire. *Un journal mensuel est publié, qui est diffusé au-delà du campus, et qui possède une certaine renommée internationale. *Les compilations de ce journal forment une sorte de « bible » synthétique de la connaissance scientifique et de la pensée	D'Héritage	Terre, dispersé	Très sélective	Immatérielle	Indéterminé
Mode d'emploi intergénérationnel (MEIG)	2041	*Mode d'emploi multilingue sur le fonctionnement d'une mémoire nanométrique *Il s'agit d'une fiche technique très détaillée et d'un manuel qui permet en théorie d'utiliser un support nanométrique, voire de fabriquer la machine de lecture d'un tel support *Certaines bases de chimie, de programmation, de génétique, de mathématique ou encore de cryptographie sont rappelées en préambule *De nombreux exemplaires sont dispersés à travers le monde par l'entreprise à l'origine de cette initiative	Encapsulée	Terre, dispersé	Très sélective	Matérielle	<1000 ans

Désignation	Date d'inauguration	Description succincte	Typologie (mémoire...)	Lieu de préservation	Quantité d'information	Format	Echéance temporelle
Encyclopaedia orbitalis	2057	*Capsule temporelle à récupération programmée embarquée à bord d'un satellite en orbite terrestre *Le satellite est conçu pour retomber sur Terre après plusieurs milliers d'années *La capsule temporelle en elle-même consiste en une archive numérique de la plupart des encyclopédies majeures de la planète (Encyclopaedia Britannica, Wikipédia, Encyclopaedia Universalis etc.) *Utilisation de disques optiques 5D pour stocker les informations *Collaboration internationale requise pour la mission spatiale	Mixte (encapsulée / thématique)	Espace centralisé	Intermédiaire	Numérique	<10000 ans
The Eternal Archive	2049	*Archive privée détenue par le propriétaire d'une grande firme transnationale *Il ne s'agit pas à proprement parler d'une institution patrimoniale, mais plutôt d'une bibliothèque multimédia personnelle « déguisée » en archive *L'archive contient majoritairement des copies (numérisées ou non) d'items libres de droit, accessible en ligne *Du contenu additionnel non libre de droit est aussi présent sur site, mais cette fois-ci, non accessible au grand public pour des raisons légales	Encapsulée	Terre, centralisé	Intermédiaire	Matérielle / Numérique	<10000 ans
Star radio	2038	*Capsule temporelle conçue sous forme de transmission radio envoyée dans l'espace *Flux continu d'information envoyée dans plusieurs directions simultanées, dont la Lune, depuis laquelle ce flux est reçu par les astronautes présents surplace *La quantité d'information émise est limitée par le débit de la transmission	Encapsulée	Espace, dispersé	Très sélective	Immatérielle	>10000 ans
Pergame	2067	*Capsule spatio-temporelle « ultime » à bord d'une série de vaisseaux spatiaux envoyés dans l'espace profond *Les premiers vaisseaux contenaient à leur bord uniquement des copies numériques d'une sélection de média et d'encyclopédies *Le dernier vaisseau en date consiste en une bibliothèque universelle spatiale, une première historique. *Les vaisseaux n'ont pas de destinataires, et ont pour unique objectifs de constituer des témoignages exhaustifs de l'étendue du savoir et de la culture de notre civilisation *Le stockage de masse moléculaire (ADN) ainsi que des disques optiques 5D ont été employés *Ces derniers devraient survivre pendant des milliers de milliards d'années, lorsque les étoiles de l'Univers commenceront à s'éteindre progressivement	Universelle	Espace, centralisé	Massive	Numérique	>10000 ans

Désignation	Date d'inauguration	Description succincte	Typologie (mémoire...)	Lieu de préservation	Quantité d'information	Format	Echéance temporelle
FIAME	2035	*FORUM INTERNATIONAL DES ACTEURS DE LA MEMOIRE EPISTEMIQUE *Réseau d'associations, de lobbies, d'institutions patrimoniales, d'entreprises spécialisées dans numérisation ou la préservation des archives et de toutes sortes d'acteurs participant à des projets d'arches de connaissances *Plusieurs objectifs : mise en commun des fonds, faire évoluer la législation des états, investissement dans les nouvelles technologies de stockage d'information, initiatives communes de nouvelles capsules temporelles *Système de label et de prix récompensant chaque année un acteur œuvrant pour la mémoire épistémique. *Apport d'une couverture médiatique importante aux différents projets d'arches de connaissances et de capsules temporelles à travers le monde *Mise à disposition d'un index quasi-exhaustif du patrimoine terrestre.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE

Sur le cas des lions d'Europe (amnésie biologique) :

[Lion en Europe — Wikipédia](#) (FR) / [History of lions in Europe - Wikipedia](#) (EN)

Sur le cas du pirahan, une langue dont l'existence a conduit à une remise en cause de certaines théories fondamentales sur la langue :

[Perhaps the most controversial language — Pirahã | The Language Closet](#)

Sur le cas des ordinateurs, une technologie indispensable pour établir certaines connaissances scientifiques :

[Computer-assisted proof - Wikipedia](#)

Sur la catastrophe d'Arno en 1966 :

[Inondations de 1966 de Florence — Wikipédia](#) (FR) / [1966 flood of the Arno - Wikipedia](#) (EN)

Sur la perte des savoirs des Anciens :

[Pertes de livres pendant l'Antiquité tardive — Wikipédia](#) (FR) / [Loss of books in late antiquity - Wikipedia](#) (EN)

Sur le procès de Galilée :

[Procès de Galilée — Wikipédia](#) (FR) / [Galileo affair - Wikipedia](#) (EN)

Sur le bâillonnement des sciences durant la période Soviétique :

[Répression de la recherche scientifique en Union soviétique — Wikipédia](#) (FR) / [Repression of science in the Soviet Union - Wikipedia](#) (EN)

Sur le climato-scepticisme :

[Déni du changement climatique — Wikipédia](#) (FR) / [Climate change denial - Wikipedia](#) (EN)

Sur les codex aztèques ayant survécus jusqu'à nos jours :

[Codex aztèque — Wikipédia](#) (FR) / [Aztec codex - Wikipedia](#) (EN)

Sur les dérives autoritaires et le déclin des démocraties dans le monde :

[Le grand recul démocratique: principaux enseignements du rapport V-Dem édition 2025](#) (FR) / [The world has recently become less democratic - Our World in Data](#) (EN) / [The Global State of Democracy 2025: Democracy on the Move | International IDEA](#) (EN)

Sur l'état des sciences sous le régime Nazi :

[Science sous le Troisième Reich — Wikipédia](#) (FR) / [Science and technology in Nazi Germany - Wikipedia](#) (EN)

Sur l'effondrement des civilisations :

[Déclin de civilisation — Wikipédia](#) (FR) / [Societal collapse - Wikipedia](#) (EN)

Initiatives les plus ambitieuses de conservation du patrimoine à grande échelle :

Memory of the world (UNESCO): [Home - Memory of Mankind](#)

World digital Library (UNESCO): [About this Collection | World Digital Library | Digital Collections | Library of Congress](#)

Arch Mission Foundation: [Arch Mission Foundation - Preserving humanity forever, in space and on Earth.](#)

Long Now Foundation: [Projects — LONG NOW](#)

Memory of Mankind: [Home - Memory of Mankind](#)

Internet Archive: [Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Texts, Movies, Music & Wayback Machine](#)

Million Book Digital Library Project: [ULIB - preservada pelo Arquivo.pt](#)

Anna's Archive: [Anna's Archive: LibGen \(Library Genesis\), Sci-Hub, Z-Library in one place - Anna's Archive](#)

Wikimedia Foundation: [Home – Wikimedia Foundation](#)

The European Library: [Découvrez le patrimoine culturel numérique européen | Europeana](#)

Project Gutenberg: [Books by Project Gutenberg \(sorted by popularity\) - Project Gutenberg](#)

Global memory Net: [Global Memory Net - Wikipedia](#)

Digital Public Library of America: [Digital Public Library of America](#)

Chinese Text Project : [Chinese Text Project](#)

Google Books : [Google Books - Wikipedia](#)

Gi-gikinomaage-min (culture amérindienne) : [Gi-gikinomaage-min: We Are All Teachers - Grand Valley State University](#) :

SAADA (culture asio-américaine) [SAADA | The source for South Asian American history.](#)

Sur la Loi de Moore ainsi que la Loi de Kryder

[Mark Kryder - Wikipedia](#)

Sur la quantité totale d'information produite sur Terre en 2023

[Amount of Data Created Daily \(2026\)](#)

Sur les technologies de stockage numérique mobilisant l'ADN

[A DNA-of-things storage architecture to create materials with embedded memory | Nature Biotechnology](#) / [DNA-based data storage via combinatorial assembly | bioRxiv](#) / [DNA punch cards for storing data on native DNA sequences via enzymatic nicking - PMC](#)

Sur le cas du contenu de Wikipédia stocké dans des brins d'ADN

[Startup packs all 16GB of Wikipedia onto DNA strands to demonstrate new storage tech - CNET](#)

Sur la bibliothèque lunaire de la Arch Mission Foundation

[DNA-Coded "Lunar Library" Aims to Preserve Civilization for Millennia | Scientific American](#)

Sur la technologie des disques optiques 5D

[Superman memory crystal | Official Site | 5D Optical Storage - Home](#)

Sur le projet Rosetta

[HD-Rosetta Analog - Norsam Technologies / Technology - The Rosetta Project](#)

Sur la voiture envoyée dans l'espace avec un disque optique à son bord

[Everything You Need to Know About SpaceX's Secret Falcon Heavy Payload](#)

Sur le « BBC Domesday project » :

[Domesday Project reborn online after 25 years - BBC News](#)

Sur l'obsolescence des archives de la NASA :

[Availability of previously lost data and metadata from the Apollo Lunar Surface Experiments Package \(ALSEP\) - ScienceDirect](#)

Sur la proportion de langues menacées dans le monde :

[Langues en danger, pensée menacée | Le Courrier de l'UNESCO](#)

Sur la collection de l'UNESCO d'œuvres représentatives

[Collection Unesco d'œuvres représentatives : aux sources de la](#)

Sur la Pierre de Rosette :

[Rosetta Stone - Wikipedia](#)

Sur la tradition orale :

[Oral tradition - Wikipedia](#)

Sur les objets laissés dans l'espace (Apollo, Pioneer, Voyager, Immortality Drive, LAGEOS, Phoenix, Odyssey...)

[Liste des œuvres d'art dans l'espace — Wikipédia](#)

Sur la durabilité des supports à ADN

[Stockage ADN : préservez vos données pour des siècles](#)

Sur l'épopée de Gilgamesh et la mention à une capsule temporelle

[Gilgamesh - World History Encyclopedia](#)

Sur les capsules temporelles répertoriées à travers le monde

[Time Capsule | International Time Capsule Society | United States / Not Forgotten Preservation Library - Not Forgotten Preservation Library](#)

Sur les sites d'enfouissement de déchets nucléaires et leurs messages adressés aux générations futures

[Projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs à Bure](#) / [Long-term nuclear waste warning messages - Wikipedia](#)

Sur « l'Arctic World Archive »

[The Future of Data Preservation - AWA](#)

Sur le « Human Document Project »

[\(PDF\) The Human Document Project and Challenges](#)

Sur les archives numériques (Internet Archive, Wolfram Alpha, Universal Digital Library, projet Gutenberg...)

[Million Book Project - Wikipedia](#) / [Wolfram|Alpha: Computational Intelligence](#) / [archive.org](#)