En guise d'introduction : histoire des « science(s) » et des « techniques »

La question au programme invite à penser sciences et techniques ensemble. Cette invitation, si elle semble aller de soi, est pourtant le résultat d'une réunion historiographique récente, et peut-être pas tout à fait actée. Histoire des sciences et histoire des techniques sont en vérité deux choses différentes, étudiant des objets différents, par un prisme différent, et avec des objectifs différents. L'Europe moderne de plus est un cadre géohistorique intéressant, parce que propice à la réunion de ces deux courants historiographiques. La question implique donc la définition conjointe des deux termes que sont les « sciences » et les « techniques », avec un rappel de leurs historiques propres, et des enjeux historiographiques qui y sont joints : c'est l'objet de cette introduction.

Qu'est-ce que la science à l'époque moderne ?

Les sciences sont omniprésentes, contributrices majeures du « façonnement » du monde. Mais elles ne sont pas nées de l'époque contemporaine : elles sont le résultat d'une accumulation de connaissances depuis la préhistoire : on peut dire sans exagérer que l'origine des sciences remonte aux origines de la civilisation, et que leur développement est lié à celui des sociétés humaines (Belhoste 2016, p. 11). Mais tout cela nécessite d'abord de définir la notion de « science », souvent abordée de manière trop générale, et donc un peu faussée.

Étymologiquement, le mot « science » est emprunté au latin classique *scientia*, qui signifie littéralement connaissance. À l'époque classique, le terme latin s'enrichit du terme grec *epistémè*, pour signifier « savoir théorique ». À partir du XIIe siècle, le français reprend ces deux visions du mot au sens courant. La science désigne d'abord le savoir-faire que donnent des connaissances. Ensuite, la science désigne les connaissances étendues que l'on a acquises sur un objet d'étude précis (le « savoir »). Depuis le XIIIe siècle, avec une valeur proche du sens moderne, *science* désigne un ensemble de connaissances ayant un objet déterminé et une méthode propre. Les sciences, au pluriel, désignent alors l'ensemble des disciplines qui forment le savoir théorique. Cette valeur distinctive entre singulier et pluriel se précise avec l'apparition du mot « scientifique » au XIVe siècle. Avec la Renaissance, le terme prend une nouvelle ampleur. La « science » de la Renaissance oppose deux types de savoir. Premièrement, le droit, émanation de la pensée divine et régulatrice de la vie humaine. Deuxièmement, les mathématiques, qui manifestent elles aussi l'ordre du monde. Des penseurs comme Léonard de Vinci affirment alors que la science doit être fondée sur le raisonnement formel et sur l'observation de l'expérience contrôlée. Peu à peu le mot « science » se rapproche de la notion de rationalité : ce qui est scientifique peut être prouvé. Au XVIIe siècle, sous l'impulsion des pensées baconiennes et cartésiennes, la science prend encore davantage ce sens, laissant de côté la philosophie et la théologie, trop abstraites (Rey 2001, vol. 2, p. 2037-2038). Pour résumer, à l'époque moderne, « science » se dit de toute connaissance assez précise. Au fil du XVIIIe siècle surtout, cette connaissance se veut de plus en plus « exacte » : on entre dans le règne des sciences dures.

Singulier ou pluriel ?

Doit-on aborder « la science » ou « les sciences » ? L'intitulé même de la question amène à se poser la question du pluriel. Ce sont les sciences qui doivent être au centre de la préparation. Dans la lettre de cadrage, la question n'est même pas posée, et le terme apparaît quasi systématiquement au pluriel. **La science au singulier n'existe pas vraiment à l'époque moderne**. Ce qui existe, c'est la notion générale, mais indéfinie, de science (*epistémè* en grec, *scientia* en latin), en tant que connaissance certaine. **Existent aussi les sciences particulières, c'est-à-dire les domaines de savoir institués chacun autour de caractéristiques, d'objets, de règles et de traditions**, comme l'astronomie, la physique, la théologie ou l'astrologie. La « science », au sens singulier et moderne, n'apparaît qu'au XIXe siècle (Belhoste 2016, p. 13-15). Avant, il faut entre le pluriel des sciences comme une liberté considérable. En

effet, l'avantage de l'étude des « sciences » est qu'elle ne s'arrête pas à un type unique et restreint de savoir. C'est l'acquisition, la transmission et les mutations vécues par l'ensemble des connaissances qu'il s'agit de comprendre.

De la « science moderne »…

C'est en fait historiographiquement qu'il est juste de parler de « science moderne ». Toutes les sciences du passé ont été entraînées dans un même mouvement historique, qui a conduit à l'émergence de la science contemporaine. **La notion de « science moderne » désigne ce mouvement, processus historique réel et étudiable en l'état**. Elle est caractérisée par l'**émergence de nouvelles conceptions, voire de nouvelles représentations du monde et de l'homme** (Belhoste 2016, p. 17). Les grandes découvertes, les réformes confessionnelles, l'invention de l'imprimerie sont autant de nouveautés qui apportent de nouvelles conditions et contribuent à des mutations sociales profondes. Elles enclenchent des transformations globales, qui touchent l'ensemble des sphères d'activités. Parallèlement, un processus important en cours est celui de la sécularisation des sociétés (qu'il ne faut pas confondre avec un fantasmé processus de perte de religiosité). Le processus de sécularisation désigne la perte du rôle central dans les sociétés monopolisé par le domaine religieux. La sécularisation, c'est peut-être plus le « christianisme sécularisé » que le « désenchantement du monde », deux notions apportées par Max Weber au début du XXe siècle. Ces processus, effectifs, ne doivent pas amener à penser une séparation totale entre savoirs scientifiques et croyances religieuses… **La science moderne s'est développée dans un contexte religieux, et ce contexte lui a été globalement favorable** : la religion était une motivation profonde pour certaines recherches, et un cadre suffisamment souple pour de nouveaux questionnements. Pour l'historien Amos Funkelstein, la science moderne, celle du XVIIe siècle, n'est rien d'autre qu'une théologie sécularisée (Funkelstein 1995). C'est donc entre émancipation et influences qu'il faut comprendre le lien entre sciences et religion à l'époque moderne (Belhoste 2016, p. 18).

L'un des basculements historiques de la pensée scientifique à l'époque moderne concerne la vision de l'homme. **Le rapport entre l'homme et le divin n'est plus le même, parce que l'homme est désormais décentré**. Ce décentrement est en partie induit par la découverte de l'Autre, notamment au Nouveau Monde. Il est nourri de la redécouverte de traditions philosophiques anciennes comme le platonisme (en opposition à l'aristotélisme), l'épicurisme ou le stoïcisme. Ce basculement accompagne un **basculement dans la manière de se représenter le monde**, bien imagé par la théorie copernicienne sur l'héliocentrisme. À la représentation d'un cosmos fini et ordonné a succédé celle d'un univers homogène et infini, soumis à des lois universelles et uniformes. Dans ce monde nouveau, **l'homme de science se voit offrir la possibilité d'une description des mécanismes du monde plutôt que de leur interprétation**. La science se voit une clé de lecture comme de modification de l'humanité. Au XVIIIe siècle, l'*Encyclopédie* accorde une très grande importance aux rapports entre sciences et sociétés. Les progrès de l'humanité passe aux yeux des auteurs par le perfectionnement technique, lui même induit des connaissances théoriques « scientifiques ». Dès lors, **émerge l'idée que la science peut contribuer de manière décisive à l'amélioration matérielle de l'humanité** (Belhoste 2016, p. 26).

L'une des notions induites par cette manière de penser est celle de la « **révolution scientifique** ». Cette dernière a depuis longtemps été battue en brèche, en ce qu'elle impliquait une rupture totale avec les savoirs anciens. Elle était aussi basée en partie sur l'idée d'un Moyen Âge obscurantiste et ignorant, contre une époque moderne brillante et détachée de la religion (Van Damme 2015 ; Belhoste 2016, p. 14-17). La « révolution scientifique » du XVIIe siècle, notion portée par des historiens comme Alexandre Koyré, Herbert Butterfield et Thomas Kuhn, a été **associée à des découvertes et des innovations théoriques majeures comme le « système du monde » et la révolution copernicienne**. Pour les historiens de ce

courant, la révolution n'aurait pas concerné qu'un domaine de connaissance, mais l'ensemble des sciences, par un « **changement de paradigme** » (Kuhn 1957). **Le thème de la révolution scientifique a perdu depuis une vingtaine d'années beaucoup de son potentiel attractif.** Trois objections principales lui ont été faites. 1° **La science moderne n'est pas en rupture totale avec la science antique et médiévale**. Parler de révolution implique une rupture totale et fondamentale, ce qui n'est pas le cas des sciences modernes. Aussi, il ne faut pas restreindre à un seul moment historique, entre Copernic et Descartes, une mutation profonde étendue sur plusieurs siècles. 2° **La place des différentes sciences dans la révolution scientifique du XVIIe siècle n'est pas celle que l'on croyait.** L'astronomie et la philosophie naturelle ne sont pas les seuls savoirs scientifiques de l'époque. Or, ni l'histoire naturelle, ni les sciences médicales ne semblent entrer dans le schéma de révolution scientifique. 3° **Le caractère orienté, cumulatif et surtout progressiste de la science a été revu**. La thèse de révolution scientifique suppose que la science ait connu un développement non seulement linéaire, mais aussi et surtout lié à la notion de progrès. Les thèses scientifiques opposées aux thèses « révolutionnaires » sont dans cette vision des choses complètement niées. Cette manière de penser les choses conduit aussi à oublier complètement les savoirs scientifiques de l'époque qui ne sont plus considérés comme tels aujourd'hui (l'astrologie par exemple) (Belhoste 2016, p. 16).

… à l'histoire des sciences

Depuis le milieu des années 1980, l'histoire des sciences connaît un renouveau profond, essentiellement bâti autour de l'histoire sociale et de l'histoire culturelle, deux mouvements historiographiques nés des Annales (Pestre 1995, p. 487 ; Pestre 2015, vol. 1, p. 11-21). Les pratiques scientifiques, mais aussi le regard posé sur elles, ont été profondément redéfinies. La notion même de « révolution scientifique » a été remise en question à mesure que l'histoire s'est détachée de la vision restrictive et faussée de progrès. L'histoire des sciences s'est largement éloignée d'une conception positiviste qui la marquait encore dans les années 1970. Un des « restes » est la panthéonisation des grandes figures scientifiques nationales, telles Galilée en Italie, René Descartes en France et Isaac Newton en Angleterre. L'historiographie nouvelle part justement de ces figures, avec un travail de lecture critique et d'édition des textes. Les historiens se laissèrent la liberté de travailler sur les entourages scientifiques, dans une vision aussi sociale que réticulaire de l'histoire des sciences (Romano 2015, p. 387-388).

À partir des années 1990, l'histoire des sciences s'internationalise et surtout s'interdisciplinarise. En 1995, Dominique Pestre manifeste un intérêt grandissant pour une histoire sociale et culturelle des sciences, qui se fonderait sur le renouveau de l'école des Annales depuis les années 1980. Dans cette vision des choses, la science, et plus particulièrement les découvertes scientifiques, sont rattachées à leur contexte culturel et social. Après tout, « toute activité scientifique est une activité pratique d'interprétation et d'invention impliquant savoirs et savoir-faire, certitudes formalisées et conviction intime, elle consiste à porter des jugements toujours contextuellement situés » (Pestre 1995, p. 497). En 1993, l'histoire des sciences connaît un nouvel essor avec la parution simultanée de deux ouvrages majeurs : *Galileo, courtier* de Mario Giagioli et la traduction française du *Léviathan et la pompe à air* de S. Shapin et S. Schaffer consacré à la querelle sur le vide entre Thomas Hobbes et Robert Boyle au milieu du XVIIe siècle. On a une réelle évolution des *science studies*, sur des bases claires que sont les grandes découvertes scientifiques, mais avec un objet d'étude qui n'est plus le même : la science a laissé place aux scientifiques (Romano 2015, p. 383). À la fin des années 1990, la publication des résultats d'un séminaire, sous le titre *Des sciences et des techniques, un débat*, donnait à voir les recompositions historiographiques entre les différentes disciplines (philosophie, histoire, anthropologie ou sociologie). La nouvelle histoire des sciences trouvait ses différents axes, avec les **sociabilités scientifiques** (Daniel Roche sur les Lumières et la république des lettres), l'**importance de l'imprimé** (Henri-Jean Martin ou même Roger Chartier sur les questions de

réception), le **rapport scientifique à l'espace** (Bernard Lepetit et Daniel Nordman), la question des « **sciences de l'État** » et de la **gestion des territoires** (Jean-Claude Perrot).

Aujourd'hui, l'histoire des sciences a tendance à se scinder en plusieurs courants. D'un côté, la question de la nature a eu tendance à favoriser la constitution d'une **histoire environnementale**. Cette histoire reprend la critique de la raison industrielle, et se nourrit de travaux sur le climat et les différentes manières de penser l'activité humaine. **Le climat comme nouvel objet de l'histoire des sciences invite à repenser la question des temporalités** : cette histoire environnementale pourrait s'inscrire dans une chronologie longue, similaire à celle des sciences de la terre. En termes d'espaces, cette vision des choses tend à nier les espaces « historiques » au profit de zones géographiques naturellement cohérentes, mais aussi beaucoup plus larges. Un autre courant historiographique tend à **placer l'histoire des sciences dans le sillon de l'histoire globale**, sous l'impulsion de S. Schaffer. Cette « histoire globale des sciences » se fait à l'échelle monde (Schaffer 2015). Là aussi, l'un des cadres majeurs de l'histoire des sciences, **l'espace**, est repensé de manière plus large. Dans une vision au moins aussi intéressante, Stéphane Van Damme plaide pour une sorte de **géohistoire des sciences**, qui s'appuierait d'abord sur les lieux de production du savoir. **L'organisation des sciences et le tissage de réseaux scientifiques à l'échelle européenne** sont des objets d'études en partie renouvelés (Van Damme 2015, p. 27-30). Le programme des concours s'ancre dans cette visée, quelque part entre histoire globale, histoire connectée et histoire comparée. L'inscription spatiale des sciences semble la clé de lecture majoritaire de l'historiographie actuelle (Romano 2015, p. 400).

La nouvelle histoire des sciences refuse aujourd'hui le « grand récit » scientifique. Ce refus vise à corriger la vision majoritaire et erronée de la science comme issue d'une méthode unique et d'un progrès uniforme (Schaffer 2014, p. 7-8). De même, **la nouvelle histoire des sciences laisse au moins autant de place aux « sans-voix » qu'aux scientifiques**, c'est-à-dire aux artisans, aux mécènes, aux fabricants, aux voyageurs et aux marchands. La distribution des sources comme de la parole est inégale, et ce doit être le travail de l'historien que de rectifier cette inégalité patente (Romano 2015, p. 405-406).

Vous avez dit « technique(s) » ?

Les techniques, qu'est-ce que c'est ?

Le mot technique est emprunté au latin *technicus*, et fait son apparition en France à la fin du XVIIe siècle. Ce mot exprime originellement la **notion de construire, fabriquer**. Initialement, le mot s'appliquait surtout à la grammaire : le technicien enseigne les principes de la grammaire. Dès le XVIIIe siècle pourtant, il qualifie des ouvrages portant sur des savoir-faire précis, mais pas plus. **Dans son acceptation actuelle, le terme n'apparaît pas avant le XIXe siècle** : il est donc employé de manière anachronique (Rey 2001, vol. 2, p. 2244-2245). Aujourd'hui, le mot « technique » a plusieurs sens. C'est d'abord un **ensemble de procédés et de moyens pratiques propres à une activité**. C'est ensuite un **savoir-faire, une manière de faire** pour obtenir un résultat précis. Les techniques, dans une visée plus scientifique, sont un **ensemble de procédés reposant sur des connaissances scientifiques et destinées à la production** (Larousse)**.** Dans ce rapport avec la science, qui intéresse tout particulièrement pour le traitement de la question d'histoire moderne, les techniques sont donc l'application concrète, productiviste, des savoirs théoriques. **La différence entre « sciences » et « techniques » s'appuierait donc sur cette nuance fondamentale entre théorie et pratique**, invention et innovation.

De l'histoire des techniques…

Par définition, l'histoire des techniques est l'étude de toutes les réalisations techniques de l'homme, de leur contexte d'apparition comme de leurs effets réceptifs sur la société. La lecture la plus courante de

cette histoire revient à dire que les progrès techniques répondent à des nécessités économiques, militaires ou sociales, et sont personnalisés par des intentions et des projets individuels (Wikipédia). Pour les historiens des techniques, la connaissance des grandes étapes du développement des techniques est indispensable à la compréhension de l'évolution culturelle des hommes et des sociétés. Dans le champ de l'histoire des techniques elle-même, elle permet notamment de saisir pourquoi telle invention voit le jour (l'horloge, le chemin de fer ou l'ordinateur), comment se succèdent les périodes de foisonnement dans la recherche et l'innovation et les périodes d'approfondissement, par sélection de quelques solutions (Encyclopedia Universalis).

L'histoire des techniques aurait été une petite sœur « oubliée » de l'histoire des sciences. La nouvelle histoire des sciences emmenée par Dominique Pestre a exercé une influence indéniable sur son cours. Ses principes méthodologiques ont fait l'objet de plusieurs transpositions, et certains historiens des techniques ont essayé de faire muter de la même manière leur discipline (Picon 1995, p. 531). L'histoire des techniques a l'avantage de son objet, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas décemment être réduite à de longs énoncés théoriques. **Il semble difficile d'isoler les techniques de leur contexte socio-économique de conception et d'application**. L'accent mis sur les aspects pratiques et instrumentaux ces dernières années n'ont pas dérogé à la règle. En cela, l'aspect « histoire sociale » de l'histoire des techniques est parfaitement suivi, et la réception de cette nouvelle historiographie n'a pu se faire que dans le consensus et la sérénité.

L'histoire des techniques occupe aujourd'hui une place assez spéciale, n'étant pratiquée que par une minorité d'historiens. Pourtant, aux yeux de Jean Baudet, elle est « doublement essentielle » (Baudet 2003, p. 1). D'abord, seule la technique est une production de l'humanité qui l'accompagne depuis sa naissance. La technique accompagne, mais aussi fonde l'évolution de l'humanité : pour Jean Baudet, elle est même « le signe de l'humanité ». L'histoire des techniques occuperait donc une place paradoxale, minime compte tenu de son objet majeur.

Comme pour l'histoire des sciences, l'un des *iatus* de l'histoire des techniques repose sur la définition des évolutions, mutations et ruptures techniciennes. Comme pour l'histoire des sciences, à l'image des travaux de Maurice Dumas, **on a longtemps considéré l'évolution des techniques comme allant vers le progrès** : les nouvelles techniques ne pouvaient être considérées comme régressives (Dumas 1962-1979 ; Fournier 2005). Maurice Dumas a cependant longtemps nuancé l'idée de « révolution technique », affirmant que **les nouvelles techniques**, aussi fondamentalement révolutionnaires fussent-elles, **ne s'imposaient toujours que lentement et ne produisaient leurs effets que sur de longues périodes** (Fournier 2005). Pour Bertrand Gille (*Histoire des techniques* 1978), il faut associer les techniques à un système propre, en lien avec un contexte économique et social. Avec cette nouvelle vision, Gille affirme que l'histoire des techniques est une succession de grands systèmes techniques, et que la transition d'un système à l'autre peut être qualifiée de « révolution ».

Les relations entre techniques et sciences sont un sujet d'étude en soi. Il semble qu'elles se soient intensifiées au fil du temps, et tout particulièrement à partir de l'époque moderne. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, **les techniques se sont d'abord majoritairement développées indépendamment des savoirs scientifiques, et ont généralement inspiré les scientifiques**. Sciences et techniques ont été développées par des personnes différentes, appartenant à des catégories sociales différentes, et sont théoriquement sans rapport direct bien qu'elles interagissent et cohabitent. À l'époque moderne, on assiste à une partielle fusion de ces acteurs : **les scientifiques non seulement interagissent avec les techniciens, mais parfois deviennent techniciens eux-mêmes, fabriquant leurs propres instruments d'expériences**. Le rapport à l'**instrumentation** est ici crucial.

… à l'époque moderne : la figure de l'ingénieur et son étude

Une certaine stagnation des techniques pendant plus d'un siècle après la Renaissance va permettre, d'une part, d'approfondir les techniques existantes et de les diffuser largement, et, d'autre part, de jeter les bases techniques de la future ère industrielle. La technique cède le pas, mais non la science : on assiste, au cours du XVIIe siècle, à la naissance d'une véritable pensée scientifique. **Mathématiciens, physiciens, astronomes... prennent le relais des ingénieurs de la Renaissance sur le devant de la scène. Bertrand Gille** s'est intéressé à la question des techniciens, notamment à ces ingénieurs de la Renaissance (Gille 1964). Dans ses travaux, il montre la complexité de la figure de l'ingénieur telle qu'elle se forme alors. Dans un univers social qui méprise encore la technique considérée comme un art mécanique et subalterne, l'ingénieur se situe à la croisée de plusieurs statuts, de plusieurs savoirs et de plusieurs fonctions et tire son prestige de cette polyvalence. **L'ingénieur de la Renaissance est à la fois artiste** (ce qui peut le conduire à organiser des fêtes), **spécialiste de mécanique et d'architecture**, **bon connaisseur des questions militaires** (fortifications, artillerie) et de plus en plus, **savant**. Toutefois, cette dernière dimension, qui en fait un homme de cabinet érudit et attentif à théoriser sa pratique, apparaît tardivement, surtout avec la figure de Léonard de Vinci. C'est ce qui explique sans doute la pérennité et même l'accroissement posthume de la gloire de ce dernier, alors qu'il imagine plus qu'il ne réalise, contrairement à la génération qui l'a précédé, celle du Siennois Francesco di Giorgio Martini (Fournier 2005). **Cette mutation de la figure de l'ingénieur est fondatrice de l'historiographie actuelle de l'histoire des techniques**. Aujourd'hui, c'est justement cette question des acteurs qui fonde l'histoire des techniques et de leurs mutations. Depuis une trentaine d'années, le dépassement des interrogations classiques sur progrès, blocages et révolutions techniques tient à une attention accrue aux conditions de la production et de la diffusion technique. **La figure du technicien, artisan et surtout ingénieur, a été de fait placée au centre de plusieurs chantiers de recherche**. L'héritage de Bertrand Gille reste ainsi fondamental mais le champ d'étude s'est élargi aux trois siècles qui ont suivi la Renaissance. L'étude des ingénieurs modernes a été renouvelée essentiellement sous l'impulsion de trois auteurs : **Anne Blanchard** (sur les ingénieurs du roi en France entre Louis XIV et Louis XVI), **Hélène Vérin** (*La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle*, Paris, 1993) et **Antoine Picon** (*Architectes et ingénieurs au siècle des Lumières*, Marseille, 1988 ; *L'invention de l'ingénieur moderne. L'école des Ponts et des Chaussées, 1747-1851*, Paris, 1992) (Fournier 2005).

Les sciences de la Renaissance, une renaissance scientifique ?

Que furent les sciences de la Renaissance ? Pourquoi, à plusieurs endroits en Europe, un changement profond dans la manière de penser le monde intervient-il à ce moment-là, à ces endroits-ci ? La Renaissance, c'est l'histoire d'une mutation intellectuelle. Une mutation, pas une rupture totale, ni une soudaine lumière qui se serait posée sur des médiévaux sombres et ignorants. La Renaissance est aujourd'hui une périodisation historique pratique pour parler des années 1450-1620. En Italie, on peut même parler de Renaissance à partir du début du XIVe siècle. La Renaissance est avant tout un mouvement culturel et politique, le développement d'une autre manière de voir et faire les choses. Évidemment, les connaissances du monde évoluent du fait de grandes ruptures chronologiques, comme la découverte du Nouveau Monde ou l'invention du caractère mobile d'imprimerie. C'est un ensemble de coïncidences, de facteurs endogènes et exogènes à l'Europe, qui font de cette période une période de foisonnement intellectuel et de remise en question des savoirs établis. Plus que la critique de cette réalité, c'est l'idée d'une renaissance scientifique qu'il s'agit de mettre en question, entre héritages et mutations.

Autour de quelques facteurs explicatifs de la « Renaissance »

L'imprimerie et ses bouleversements

Au milieu du XVe siècle, une petite révolution prend place : le passage du livre manuscrit au livre imprimé tend à bouleverser le rapport à la diffusion de la connaissance. Rapidement, les textes en circulation se multiplient, contribuant de manière plus que décisive à la diffusion du discours scientifique. D'où l'importance de l'imprimerie (en fait, du caractère mobile) comme procédé technique fondateur des découvertes scientifiques. Des éléments de nature technique exercent également une influence non négligeable dans la production du savoir. L'abandon des caractères gothiques au profit des romains confère au texte une lisibilité plus grande. La présentation du livre entraîne également une nouvelle manière de formaliser l'information et la connaissance.

L'imprimerie ne nait pas seule, de nulle part. Elle est une réponse à un besoin de la société. En effet, le développement économique général de la fin du Moyen Âge, et en particulier le développement des universités depuis le début du XIIIe siècle, avait entraîné une forte demande de livres. La lecture, au XVe siècle, n'est plus réservée à quelques clercs, et il faut pouvoir reproduire plus vite les livres. Au XIVe siècle déjà, la xylographie permet de graver des dessins pour les reproduire un nombre limité de fois sur papier. Il devient possible de produire plusieurs exemplaires d'un livre ornés des mêmes gravures. La véritable invention cependant prend place aux environs de 1450. Jean Gutenberg, à Mayence, a deux bonnes idées. La première, c'est de réaliser les lettres gravées en métal et non plus en bois. Contrairement aux planches de bois réalisées précédemment, il fait couler des lettres uniques et interchangeables : il invente les caractères mobiles. La seconde idée, c'est de disposer ces caractères mobiles en lignes, de placer ces lignes sur une forme place, et de coucher le tout, soigneusement recouvert d'encre, sur parchemin ou papier. L'action mécanique d'une presse provoque enfin le report de l'encre sur le support. L'imprimerie est née (Baudet 2003, p. 147).

En termes économiques, l'invention de l'imprimerie a des conséquences gigantesques. Être en mesure d'imprimer rapidement des livres, en autant d'exemplaires que l'éditeur le souhaite, c'est bien. Mais faut il encore disposer d'une quantité de papier qui corresponde à ces nouvelles possibilités d'impression. Le papier du XVe siècle, c'est du papier « chiffon », extrêmement long et couteux à produire. Le parchemin demande aussi un traitement long et particulier. À partir de là, la production de papier ne cesse d'augmenter, ce qui crée des métiers un peu particuliers, comme le ramassage de chiffons usagés. Une invention technique donc que l'imprimerie, qui répond à une demande culturelle, en créant une nouvelle production économique (Baudet 2003, p. 147-148).

Le caractère mobile et l'imprimerie ont été analysés par Elizabeth Eisenstein comme étant à l'origine d'une révolution culturelle. Alors en quoi consiste cette rupture/révolution ? D'abord, en établissant un rapport différent au texte : avec l'imprimé, le lecteur individualise le texte, parce qu'il est (plus souvent) le seul détenteur de son exemplaire. La lecture devient plus silencieuse, et non oralisée. Autrement dit, comme l'explique Roger Chartier, la nature même de la lecture change avec l'imprimé. L'imprimé implique aussi une possibilité plus grande (et pas nouvelle) d'accumuler les savoirs sous leur forme matérielle. Cette accumulation se fait quantitativement, mais aussi qualitativement. Chaque édition strictement établie peut être corrigée, avec une progression des savoirs à chaque nouvelle édition. Ainsi la *Cosmographia Universalis* de Sébastien Munster est-elle éditée sous 35 versions différentes entre 1544 et 1628. À chaque fois, des pages sont rajoutées, avec des statistiques, des tableaux et des dessins : les connaissances font l'objet d'améliorations permanentes. Par ailleurs, l'imprimé permet aux savants de comparer toujours ce qu'ils disent en ayant sous la main une multitude de sources.

Entre 1455 et 1501, 30 000 incunables sont édités, totalisant 15 millions d'exemplaires. 40% de ces éditions viennent d'Italie, 30% d'Allemagne, 16% de France, 9% des Pays-Bas. Vers 1600, ce chiffre est largement dépassé (150 000 éditions pour 200 millions d'exemplaires). Cette explosion culturelle et commerciale implique une diffusion rapide de la technique du caractère mobile, la constitution d'atelier d'imprimeries à travers toute l'Europe, faisant de certaines villes, ainsi Venise ou Paris (Lyon également, mais dans une moindre mesure) des grands centres d'imprimerie. L'Europe moderne, c'est une « Europe du livre » (Robert Muchembled).

Les imprimeurs ont réservé une partie de leur production au livre scientifique, partie qui reste tout de même minoritaire. Certains tout particulièrement se spécialisent dans l'imprimerie et la diffusion d'ouvrages scientifiques. Ainsi Christophe Plantin, qui imprime à Anvers entre 1555 et 1589, a l'audace de publier une littérature hautement spécialisée, avec les travaux de Vésale, de Cornelius Valerius*, de Charles Estienne*, de Rembert Dodoens*. Un tiers de cette production est destinée à des premières éditions ; une partie difficilement calculable est destinée à l'exportation dans les grands centres universitaires européens. Après avoir officié à Anvers et fait de la ville un grand centre d'imprimerie, Plantin installe une officine à Leyde. Il y fonde une dynastie d'imprimeurs, qui travaillent en lien étroit avec les travaux des universitaires de Leyde, éditant les disputes académiques et les travaux courants, ainsi que les thèses (Blay et Haleux 1998, p. 102-103).

Oronce Finé (1494-1555) a occupé pendant près de vingt cinq ans la chaire de mathématiques du Collège royal, créée pour lui par François Ier en 1531. C'est lui qui, en toute modestie, est chargé de réveiller et de rénover l'enseignement de sa discipline. Oronce Finé, universitaire donc. Mais Oronce Finé avait commencé sa carrière en travaillant pour des imprimeurs, et il était aussi un dessinateur, un graveur et un facteur d'instruments astronomiques. Cette double casquette est intéressante pour comprendre l'imbrication de ces milieux : Oronce Finé est la preuve de leur possible fusion.

Fils d'un médecin de Briançon, Oronce Finé fait ses études à Paris ; il est probablement maître *ès* arts dès 1516, et s'inscrit à la faculté de médecine en 1517, obtenant son doctorat cinq ans plus tard. Dès 1515, il collabore avec des imprimeurs et des libraires, autant comme éditeur et correcteur que comme annotateur ou illustrateur. C'est justement cette dernière qualité d'illustrateur, renforcée par sa capacité à fabriquer des instruments, qui le fait admettre dans le milieu humaniste proche de la cour. Ses gravures s'ancrent dans un style germanique. Au début de la carrière d'imprimeur d'Oronce Finé, l'édition mathématique se résume à quelques planches ponctuelles, pour répondre aux besoins plus que modestes de l'université ou des collèges. Les rares ouvrages mathématiques sont imprimés sur le modèle vénitien, c'est-à-dire sur des modèles de présentation plus anciens. En 1515, Oronce Finé est chargé par Jean Petit (très grand libraire parisien du début du XVIe siècle) de superviser l'impression d'une collection de

commentaires aux *Theoricae novae planetarum* de Georg von Peuerbach, ouvrage datant des années 1470 et consacré au renouvellement des modèles géographiques utilisés en astronomie. Dans cette édition, Finé prend soin de reproduire le texte avec minutie, avec une mise en page en deux colonnes et quelques figures dans le corps du texte. Mais rien de détonnant. En 1525, il réitère son travail, avec le même ouvrage, mais les différences sont déjà plus notables. La mise en page fait alors appel à de vrais paragraphes numérotés, et à des notes marginales signalant les points importants. Enseignant en même temps au collège de Navarre (toujours l'importance de sa double casquette), Finé se rend compte qu'une édition mieux paginée est beaucoup plus claire pour les étudiants. Sans avoir encore publié aucune œuvre complètement originale, et simplement dans un travail au service des libraires parisiens, Oroncé Finé a donc déjà eu l'occasion de réfléchir aux effets qu'un habile professeur de mathématiques pouvait obtenir en jouant sur les parties constitutives de la page imprimée : le texte, le commentaire, l'illustration sont mis relation par la mise en page.

Figure 1.1. Peuerbach, *Theoricarum novarum textus*, Paris, 1515, 29v.

Figure 1.2. Peuerbach, *Theoricæ novæ planetarum*, Paris, 1525, 18r.

Figure 1. Deux versions différentes du texte de Peuerbach.
À gauche, l'édition de 1515, à droite, celle de 1525.

Devenu lecteur au Collège royal, Oronce Finé va utiliser ces « observations préliminaires » dans ses propres ouvrages et continuer à améliorer ses méthodes, de manière à obtenir le résultat le plus pédagogique possible. Dans *Sphaera Mundi*, une partie d'un ouvrage offert à François Ier en 1532 pour le remercier de l'avoir nommé au Collège royal, Oronce Finé utilise ces méthodes. Surtout, les diverses éditions de la *Sphaera Mundi* présentent toutes un contenu et une mise en page différents. Progressivement, l'équilibre entre texte et commentaire est fondamentalement transformé, ce qui entraîne divers changements dans la mise en page. L'édition d'un modèle réduit, qui oblige à donner plus d'importance au texte qu'au commentaire, donne lieu à une mise en page plus classique et uniforme. Le commentaire est donné dans un corps réduit. Progressivement, ces deux parties de l'ouvrage trouvent une

certaine autonomie ; le système de repérage par des lettres est abandonné. Le commentaire est réaménagé pour qu'il puisse faire ressortir l'organisation logique et le caractère progressif de l'exposé de chaque chapitre. Des passages plus digressifs, ainsi l'éloge de l'astronomie ou la polémique contre les « modernes » sont abandonnés et/ou réduits.

Oronce Finé est un cas exceptionnel du fait de sa longévité et des relations privilégiées avec les imprimeurs parisiens et de son intérêt particulier pour la mise en page des savoirs, dans une visée essentiellement pédagogique. Il ne se contente pas de rafraîchir ses textes au fil des éditions, mais travaille à leur métamorphose, à la fois en les récrivant soigneusement, et en leur donnant un nouvel aspect typographique. Avec Finé, les connaissances mathématiques étendent leur rayonnement et restaurent leur prestige, grâce à une nouvelle mise en forme, un enrobage utilitariste et correspondant aux besoins des lecteurs. L'élargissement du public passe par la rupture avec le modèle traditionnel de mise en page du texte. Le savoir scientifique et sa diffusion dépendent donc, dans les années 1520-1550, de l'adaptation technique de leur matérialité.

Ce qui est intéressant avec l'imprimerie, c'est que sa relation avec la pratique scientifique est totalement réciproque : la science met sa technique au service de l'imprimerie, qui lui donne en contrepartie une audience jusque là inconnue. Cette émulation réciproque n'a de cesse que de bouleverser l'un et l'autre. Certains textes nécessitent la conception et la fabrication de caractères spécifiques, comme par exemple les caractères mathématiques. L'histoire naturelle entraîne une réduction progressive de la taille des ouvrages : il faut pouvoir les emmener sur le terrain. Les planches d'anatomie sont pourvues de pièces à soulever, afin de découvrir les organes du corps humain. Dans les livres scientifiques, l'illustration tout particulièrement amène progressivement une mutation de la nature des caractères, qui passent du bois au métal (cuivre et fer principalement). Ces caractères métalliques offrent une plus grande souplesse dans la mise en page des ouvrages, ainsi qu'une plus grande pérennité dans les modalités de leur impression (il est plus facile et moins couteux de rééditer les ouvrages) (Universalis). Et tout au long de la période du programme, cette émulation réciproque n'a de cesse que de faire bouger les lignes dans les deux sens !

Savoirs établis et savoirs émergents : une redécouverte des « Anciens » ?

Les hommes de la Renaissance affirment très fréquemment leur humilité face à la connaissance semble-t-il infinie des Anciens. Puiser chez eux, c'est aller chercher les fondements de la connaissance, l'expérience et la raison. Les Anciens protègent et rassurent. Aussi, ils constituent une base de données assez incroyable pour qui veut s'établir des connaissances solides. Pour beaucoup, il est nécessaire d'apprendre à comprendre les Anciens, leurs connaissances servant potentiellement de « base » au développement de nouvelles connaissances. De toute façon, la nouveauté à l'époque est une chose dépréciée : elle signifie souvent un bouleversement de l'ordre établi, un dérèglement social et/ou politique. On peut donc dire que « le XVIe siècle marche vers l'avenir à reculons » (Robert Halleux). C'est bien là tout le paradoxe des milieux intellectuels de la Renaissance : ils font du neuf avec du vieux. Ce rapport avec les travaux antiques et médiévaux a posé aux historiens deux problèmes majeurs. D'abord, peut-on réellement parler de « redécouverte » des travaux grecs et latins aux XVe et XVIe siècles ? Ensuite, quelle est la place donnée à ces travaux dans la science de la Renaissance ?

Les principaux auteurs sont évidemment connus depuis longtemps, ou n'ont jamais été oubliés. À partir du XIIIe siècle, avec le développement et le succès de l'averroïsme latin, puis avec la synthèse thomiste de l'aristotélisme et du christianisme, l'œuvre d'Aristote, même si elle fait l'objet d'un conflit d'interprétation, est connue. La renaissance carolingienne, puis la renaissance du XIIe siècle, avait déjà permis une partie à au moins une partie de l'œuvre de Platon d'être conservée et interprétée. Le stoïcisme enfin demeure présent tout au long du Moyen Âge à travers les écrits de Saint-Ambroise. Mais d'autres

auteurs sont redécouverts au XVe siècle. Surtout, ce sont les nouvelles éditions et traductions qui permettent de rendre accessibles ces savoirs anciens. La philologie, c'est à dire l'étude des langues anciennes et d'abord du grec, pratiquement oubliée en raison de la prééminence du latin dans les universités, se développe rapidement et dans une ampleur folle à partir de la moitié du XVe siècle (Mazauric 2009, p. 36-37). Ainsi dans le cadre de la médecine le pharmacien grec Dioscoride (*Sur la matière médicale*, Ier siècle ap. J.-C.) et Pline avec son *Histoire naturelle* connaissent une nouvelle jeunesse, demeurant la source et la référence constante des naturalistes. Cette réappropriation passe par une critique, ou plutôt une confrontation des savoirs anciens et des faits observés. Ainsi à la fin du XVe siècle une controverse se lance sur la valeur scientifique des écrits de Pline, opposant plusieurs savants italiens. Niccolo Leoniceno, professeur de médecine à Ferrare, attaque le naturaliste antique dans son *De Plinii et aliorum erroribus in medicina* (*Des erreurs étranges de Pline en médecine*), où il met en exergue une confusion entre les termes grecs et latins. Le légiste Pandolfo Collenuccio lui répond dans un traité en défense de Pline. Ermolao Barbaro, patriarche d'Aquilée, impute quant à lui aux copistes les erreurs de traduction et de vocabulaire. Ce qui est certain avec cette controverse, c'est qu'une fissure s'ouvre entre le monde naturel et les descriptions antiques. Avec la découverte du nouveau monde (cf. infra), cette fissure ne va d'ailleurs qu'en s'agrandissant (Blay et Halleux 1998, p. 406-407).

Humanisme, science et Renaissance

L'Humanisme est un courant philosophique qui se développe en Italie à partir de la seconde moitié du XVe siècle, pour se répandre à travers une grande partie de l'Europe. Il se fonde sur trois caractéristiques principales. Premièrement, l'Humanisme est marqué par une volonté très forte d'opérer une rupture avec le legs médiéval, identifié par les principaux penseurs comme symbole de décadence et de barbarie. Autrement dit, l'Humanisme, c'est le courant intellectuel qui fit du Moyen Âge une période sombre et obscurantiste et de la Renaissance une période lumineuse et merveilleuse. Ce point constitue un thème récurrent, pour ne pas dire fondateur, du courant de pensée, autour d'une rupture entre culture renaissance et culture scolastique. Ensuite, il s'agit alors de renouer avec l'héritage antique (cf. supra), héritage qui n'était pas nié jusque là, mais « déformé ». Surtout, ce rejet vise à exclure des savoirs « valables » l'ensemble des héritages de la culture arabe, autant que la scolastique chrétienne. Enfin, l'Humanisme place l'Homme au centre de toute chose, le comprenant comme un être spécifique, différent des autres par la liberté et la raison. Dès lors, un programme s'impose : favoriser le développement de toutes les capacités, de toutes les potentialités humaines, former des hommes « libres », capables d'agir de façon autonome et de penser de manière originale. Là aussi, la culture scolastique est directement visée : pour les humanistes, cet enseignement fondé sur le commentaire des autorités, instaurant un rapport hiérarchique entre maîtres et étudiants et s'arrêtant le plus souvent à la lecture des textes, ignorerait le cœur même des choses.

D'après Mazauric 2009, p. 35-36.

L'exemple le plus clair et le plus représentatif de ces problèmes, c'est Aristote. Même si sa place tend à être un peu dépréciée aujourd'hui, Aristote a exercé sur la pensée médiévale une influence considérable. Ses travaux ont supplanté (en partie) ceux de Saint-Augustin et de Platon au XIIe siècle, avec des penseurs médiévaux comme Thomas d'Aquin. Les grandes lignes de l'aristotélisme sont importantes en ce qu'elles sont à l'origine d'une représentation du monde et d'une vision de la science/connaissance particulières. L'idée même de science et des critères de la scientificité est, durant toute la période scolastique, proprement aristotélicienne : le *De ortu scientiarum* de Robert Kilwardby (avec sa division tripartite de la physique, de la mathématique et de la théologie) et le *Commentaire des « Seconds Analytiques »* par Robert Grosseteste (avec sa théorie de la connaissance expérimentale) en sont les témoins naissants (Universalis). À la Renaissance, Aristote continue à occuper cette place de premier choix dans les mondes intellectuels, notamment universitaires. La majorité des travaux se placent dans la droite ligne de la tradition aristotélicienne. En parallèle, une nouvelle vague, plus critique, apparaît. Et c'est Aristote qui, parmi les Anciens, se retrouve le plus la cible de la contestation la plus radicale. Il faut entendre Galilée,

au XVIIe siècle, pour comprendre l'évolution : « Aristote était un homme, il voyait avec les yeux, écoutait avec les oreilles, discourait avec le cerveau. Je suis un homme, je vois avec mes yeux, et plutôt plus que lui ne voyait. Quant au discours, je crois qu'il a discuté plus de choses que moi, quant à savoir s'il l'a fait plus ou mieux que moi dans les sujets que nous avons discutés tous les deux, je lui montrerai nos raison, et non nos autorités » (Blay et Halleux 1998, p. 405). Cette critique d'Aristote, si elle existe depuis les écrits de Bernard de Clairvaux ou Pétrarque, va *crescendo* jusqu'à tuer le père. C'est le quatuor Bacon, Galilée, Hobbes et Descartes surtout qui a décidé du sort de l'aristotélisme comme philosophie cohérente, d'un point de vue intellectuel, sinon historique. Les enseignements d'Aristote sur la matière et la forme, les causes finales, le mouvement et le vide sont tous, un par un, (re)mis en question (Schmitt 1992, p. 8). On peut voir cet exemple autour d'Aristote autour de deux manières. La première, c'est de comprendre la remise en cause des traités antiques comme un affranchissement permettant l'avènement d'une philosophie nouvelle. La deuxième, peut-être un peu plus subtile et complémentaire, c'est de penser cette remise en cause comme nécessitant une lecture suivie, attentive et assidue des enseignements de l'école aristotélicienne. Autrement dit, Aristote n'a jamais été autant lu que lorsqu'il a fini par être critiqué.

L'impact de ce rapport changé aux textes anciens sur la science a été l'objet de discussions. Ce qui est certain, c'est qu'impact il y eut. Pour Frances Yates, le néo-platonisme aurait pu inspirer l'enthousiasme pour l'héliocentrisme copernicien. Mais la plupart des penseurs de l'époque restent hostiles aux théories coperniciennes (*Cambridge History of Science*, vol. 3, p. 374-375). Il reste que l'œuvre de Copernic est une illustration exemplaire du syncrétisme de la Renaissance, entendu comme une volonté d'assimilation critique de toutes les traditions antérieures dans le bit de donner naissance à une culture renouvelée. De ce syncrétisme critique, Copernic fournit également l'illustration de son implantation dans des lieux bien précis : ce n'est pas un hasard si Copernic quitte Cracovie pour poursuivre ses études en Italie, lieu de naissance de la culture humaniste. C'est dans l'ensemble du corpus de sources anciennes renouvelé et traduit que Copernic puise pour élaborer sa théorie de l'héliocentrisme, inaugurant ainsi un type de rapport au passé tout à fait caractéristique de la Renaissance, important à intégrer pour comprendre les méthodes scientifiques de l'ensemble de l'époque moderne (Mazauric 2009, p. 40).

Les grandes découvertes et le bouleversement de la connaissance du monde

1492, c'est la découverte d'un nouveau monde. 1492, c'est une sorte de basculement du monde, de sa perception. Tout d'un coup ou presque, la représentation plurimillénaire du monde vole en éclats, ne serait-ce que pour des raisons géographiques. Là les connaissances des Anciens sont effectivement largement mises à mal. Mieux encore, dans le Nouveau Monde, on trouve des plantes inconnues (maïs, manioc, pomme de terre, haricot, tomate, poivron, courge, avocat, ananas, caco, tabac, caoutchouc), mais encore des animaux (dinde, lama, puma, condor, tapir, caïman), et, surtout, des hommes différents, qui ne ressemblent pas tout à fait aux Européens, et ne connaissent même pas l'existence de l'Évangile. S'il faut un événement marquant le bouleversement de la connaissance du monde, il est bien là : la découverte des terres inexplorées constitue une véritable rupture dans la connaissance, la compréhension et la représentation du monde.

Les participants des expéditions espagnoles et portugaises décrivent dans des lettres et des ouvrages ce monde complètement différent qu'ils parcourent, admirent et craignent tout à la fois. Ces récits, ainsi l'*Histoire générale et naturelle des Indes* d'Oviedo (1526) sont rapidement imprimés, traduits et diffusés un peu partout en Europe. Ils fascinent alors les milieux de cour, mais aussi les milieux marchands, qui commencent à percevoir le profit potentiel derrière tout cela. Cet intérêt est palpable dans les écrits divers et variés qui fleurissent en Europe, et ce au fil des découvertes, notamment en Amérique du Nord où ce sont les Français et les Anglais qui sont les principaux acteurs des découvertes. En Angleterre, le mathématicien Thomas Hariot* publie en 1588 *A Briefe and Troue Report of the New Found Land of Virginia.*

En Italie, Federico Cesi achète à un prix fou le manuscrit du *Tesoro messicano*, sorte de recueil monumental de botanique et de zoologie exotique fondé sur la relation de Francisco Hernandez, médecin de Philippe II (le livre est publié par Stelluti en 1651).

Les lieux des sciences à la Renaissance

Les universités, entre conservatisme et grandes avancées scientifiques

Au début de l'époque moderne, les universités, hauts lieux médiévaux de la connaissance et du savoir, connaissent de très importantes transformations. Ces transformations sont en fait des réactions aux critiques acerbes dont elles sont la cible, notamment de la part des Humanistes. Elles sont donc le pendant institutionnel de la mutation des savoirs, de leur production et de leur diffusion. Aussi, les universités européennes jouent un rôle ambivalent, dans la mesure où elles ont pu tant favoriser que freiner la constitution de savoirs nouveaux. Pour en comprendre les origines et les conséquences, il faut étudier la configuration complexe, c'est-à-dire le jeu des interactions entre les sciences, la religion et la politique (Mazauric 2009, p. 65).

Pour les humanistes de l'époque, les universités représentent une vision autoritariste de la constitution et de la diffusion des savoirs. Ce sont eux qui développent l'image d'universités extrêmement conservatistes, très peu enclines à l'innovation intellectuelle, enfermées dans une seule lecture des textes, qui plus est des mêmes textes, encore et toujours. Est-ce une image tout à fait exacte ? Il est très difficile d'énoncer une généralité, même s'il semble que globalement, cette image soit fausse, partisane et formée de toute pièces par le courant humaniste et ses têtes de pont (tous issus des rangs de l'université d'ailleurs).

L'homme de science du XVIe siècle pourtant est le plus souvent un universitaire. Tout homme de science est passé par un cursus universitaire. Pour la plupart des hommes potentiellement scientifiques, l'enseignement universitaire faisait partie d'une préparation en amont à la vie civile et à l'acquisition d'une expertise critique des savoirs scientifiques : pour critiquer la science et la faire, il faut au préalable savoir de quoi on parle. Ensuite, les carrières finissaient souvent par une chaire universitaire, où les savoirs découverts pouvaient être inculqués et diffusés aux jeunes générations. C'est ainsi que Vésale (1514-1564), Copernic, Galilée, Newton, Descartes, Bacon et bien d'autres furent professeurs dans des grandes universités européennes (*cf. « Être savant à l'époque moderne »*). Dans un monde où il était parfois difficile de vivre par soi-même et de financer ses recherches, la carrière professorale offrait une stabilité financière et institutionnelle inégalable (à part les faveurs de certains mécènes). Les chaires universitaires étaient ainsi souvent vécues comme des situations éphémères, destinées à gagner sa croûte lors des passages à vide, ou bien utilisées comme un tremplin vers des positions plus enviables sous un patronage curial. Vésale lui même quitte son poste à l'université de Padoue au milieu de sa carrière, pour un service médical à la cour impériale.

Toujours est-il que l'affiliation à une institution universitaire signifie trois choses. D'abord, cela signale la pérennité du lien entre les scientifiques et les institutions de l'Église catholique (les universités sont quasiment toutes directement liées à Rome). Ensuite, l'université combine à l'époque des fonctions de reproduction *curatoriales* et culturelle, et c'est ainsi qu'était compris le rôle des enseignants. Les universités représentent, et c'est l'un des griefs des humanistes à leur encontre, une institution chargée de transmettre les savoirs hérités du passé aux générations futures. En pratique cependant, de nombreux professeurs utilisent leur chaire pour discuter de la viabilité de ces savoirs orthodoxes : l'enseignement se fait dans une visée critique. En fait, il n'y a pas d'université où le dogme théorique est appliqué à la lettre… Enfin, l'affiliation des hommes de science à des institutions universitaires correspond à une conception importante des hiérarchies sociales. Le professeur universitaire est maître, entendu comme tel et respecté comme tel. Quelque part, cela correspond à une vision hiérarchique de la société qui est plus

que prégnante à l'époque dans la majorité de la société européenne. La valeur placée dans ces institutions et ces formes de hiérarchie montre aussi la valeur accordée aux savoirs enseignés : il ne s'agirait pas de confier de tels postes à n'importe qui *Cambridge History of Science*, vol. 3, p. 182-183). Et, au XVIe siècle, il n'y a pas grand monde pour dire le contraire !

Entre elles, ces universités de la Renaissance ont des relations paradoxales. D'un côté, elles collaborent, échangent, les étudiants comme les professeurs passant de l'une à l'autre de manière régulière. Ainsi André Vésale quitte-t-il Padoue pour enseigner à Bologne en 1540. De l'autre, elles se font concurrence, sous influence souvent des pouvoirs politiques, cherchant à surpasser la voisine ou la concurrente directe sur telle ou telle discipline. À Pavie, l'université de théologie, qui fait partie des universités assez traditionnalistes des années 1480-1520, embauche uniquement des clercs. Or, il existe une sorte de *mercato* des professeurs de théologie, dont l'université de Pavie se sert ouvertement. Parmi les 39 théologiens de la Faculté au XVIe siècle, 5 seulement sont de Pavie. Les autres sont pour la plupart originaires d'Italie du Nord. Cette mobilité des professeurs, en l'occurrence des religieux, contribue au développement des disciplines et à l'échange des idées, à la constitution d'une communauté culturelle et académique qui franchit les frontières des États et rapproche tout particulièrement les universités de Bologne, de Padoue et de Pavie (Negruzzo, dans Bideaux et Fragonnard 2003, p. 93-99). Va pour les échanges positifs. En termes de concurrence, les universités de médecine sont un exemple particulièrement illustratif, notamment au XVIe siècle celles de Padoue, de Bâle et de Montpellier. Il n'est pas nécessaire de revenir sur la Faculté de médecine de Padoue, qui jouit d'une longue et prestigieuse histoire. À Bâle, l'université dépend directement des institutions municipales. Dans les années 1530, après le passage de Rabelais, mais surtout de Paracelse (1527-28), l'université jouit elle-aussi d'une réputation prestigieuse. À Montpellier, il faut tenir compte à la fois de l'éloignement vis à vis des centres de pouvoir (le roi de France ne descend quasiment jamais aussi bas…) et de l'ancienneté de l'université. Cependant, depuis 1498, les professeurs des quatre collèges médicaux de l'université sont payés directement par le trésor royal. L'enseignement médical s'y fait plus pratique que dans les deux autres précitées, notamment avec un stage obligatoire de six mois chez un médecin local. Les étudiants en médecine du début du XVIe siècle ont souvent le choix de leur université. Quelle est donc l'image de marque de ces trois facultés de médecine, qui pouvait leur attirer cette clientèle de « pèlerins » académiques ? Rapidement, la question confessionnelle prend une certaine importance : à Padoue, ces étudiants protestants, qui viennent souvent de loin, s'inscrivent en tant qu'auditeurs, et ne valident que rarement un diplôme. Ensuite, la manière de faire cours diffère selon les universités, ainsi à Padoue, on fait grand cas de la logique médicale, qu'on néglige à Bâle et à Montpellier, au moins dans la première moitié du XVIe siècle. Surtout, et cela explique l'intérêt de Montpellier dans les années 1560 pour l'instauration du fameux stage obligatoire, Padoue rayonne plus que les deux autres parce qu'elle est une université de la pratique, qui jouxte un hôpital, où les étudiants ont des liens quasi quotidiens avec les malades (Maclean, dans Bideaux et Fragonnard 2003, p. 349 et suivantes). Ce qu'il faut comprendre, c'est que les échanges entre les universités font œuvre d'émulation collective, poussant chacune à se dépasser sur les plans scientifique et pédagogique, de manière à faire au moins aussi bien que la concurrente, si ce n'est mieux. En Italie, cette émulation interuniversitaire, doublée par la concurrence entre les États, est particulièrement forte.

Les Universités italiennes et françaises principalement connaissent au XVIe siècle des réformes profondes, induites autant par la critique des humanistes que par la nouvelle vague des universités protestantes allemandes à partir des années 1530. À l'Université de Padoue par exemple, on trouve un enseignement différent de celui décrit par les humanistes. On y enseigne certes l'aristotélisme, mais un aristotélisme peu orthodoxe. Pietro Pomponazzi, professeur à Padoue de 1488 à 1509, y enseigner un averroïsme pur, où l'âme est aussi mortelle que le corps, dont elle est inséparable. En même temps, il propose une conception rationaliste de l'ordre naturel, niant le caractère surnaturel des miracles et des

prodiges, qu'il réintègre dans la nature. Cet aristotélisme novateur, rationaliste et critique lui vaut tout de même les foudres de l'Église, qui condamne son *De immortalitate animae,* publié en 1516. Un autre professeur de Padoue, Jérôme Cardan, y enseigne une philosophie syncrétique, où aristotélisme, néo-platonisme et averroïsme sont mêlés. Traduit devant l'Inquisition, il finit par être protégé par Grégoire XIII, qui lui offre une pension. En France, l'Humanisme se répand dans les universités, notamment à la faculté des arts de Paris, avec des professeurs comme Guillaume Fichet, Robert Gaguin ou encore Jacques Lefèvre d'Étaples (1450-1537). Ce dernier, qui a voyagé à Florence où il a rencontré Marsile Ficin et Pic de la Mirandole, inclut le néo-platonisme dans un enseignement essentiellement tourné vers une lecture rénovée des travaux d'Aristote. Il commence à traduire la Bible en français dans les années 1510, et publie en 1521 un commentaire des quatre Évangiles. Jamais vraiment converti au protestantisme dont il est très proche, il se réfugie à la fin des années 1520 auprès de Marguerite de Navarre, à Nérac. Un autre pôle universitaire français sut ne pas se cantonner à un enseignement « médiéval », c'est la faculté de médecine de Montpellier. Très tôt, en opposition à sa rivale parisienne, elle s'ouvre aux influences judéo-arabes, grâce à la présence de nombreuses communautés juives du Midi et à sa situation géographique qui la met en contact maritime avec l'Espagne musulmane et l'Afrique du Nord. À Montpellier, on lit les médecins arabes et juifs, on pratique la dissection, tout en acceptant la pratique de l'alchimie et de la médecine chimique. Avec la « révolution protestante » de la ville, cette opposition par l'innovation ne fera que s'y accroître (Mazauric 2009, p. 67-69).

Au XVIe siècle, les universités anglaises connaissent des mutations induites par celles de leurs cousines continentales. À Cambridge, le nombre d'étudiants croît considérablement sous Henri VIII (1509-1547) ; le roi crée le Trinity College ; le Caius College s'agrège ensuite aux structures préexistantes. Ces nouvelles structures sont créées originellement pour l'éducation des membres du clergé de l'Église réformée anglicane, mais, particulièrement le Trinity College, elles attirent rapidement des gros contingents d'étudiants de tous horizons. En 1536, Henri VIII fait proclamer une série d'injections à l'université de Cambridge, supprimant la Faculté de Droit Canon et interdisant l'enseignement de la philosophie scolastique. Les études de grec et de latin, les mathématiques et les *biblical studies* font alors leur apparition. Le roi toujours sert aux bouleversements de l'université. Henri VIII nomme ainsi personnellement cinq professeurs de Cambridge en tant que Professeurs royaux en théologie, en Hébreu, Grec, Droit civil et droit « physique ». Rapidement, l'introduction de donateurs privés et l'intervention royale changent également la manière d'enseigner des professeurs.

La Réforme a un impact encore plus grand que l'humanisme sur les universités et leur fonctionnement, par elles-mêmes et par l'impact considérable de la Réforme catholique à partir du dernier tiers du XVIe siècle. Humanisme et Réforme sont de toute manière liés, puisqu'ils correspondent tous deux à un désir de réforme, de changement. Avec la Réforme, les universités restées conservatrices se braquent d'autant plus qu'elles assimilent innovations et hérésie(s). Pour les tenants de la tradition, les guerres, affrontements et divisions qui se retrouvent à l'échelle de toute l'Europe sont la conséquence inéluctable de la révolte contre la tradition et l'autorité. Facteur de schisme, les innovations sont donc stigmatisées et condamnées pour les conséquences qu'elles sont censées inévitablement entraîner et soigneusement tenues à l'écart de la plupart des universités européennes. Autrement dit, c'est à la suite de la Réforme, surtout dans la seconde moitié du XVIe siècle, que les universités se font conservatrices et dogmatiques : c'est la Réforme catholique qui condamne l'Humanisme au même titre que le protestantisme (d'après Mazauric 2009, p. 71).

Sciences de cour ou sciences d'État ? L'exemple du mécénat italien

Comme vu plus haut, le mécénat/protectorat semble la meilleure des positions pour les savants de la Renaissance, et plus encore pour ceux qu'il convient d'appeler *ingénieurs**. La dénomination même d'ingénieur, qui semble remplacer peu à peu celle d'artisan, semble liée aux efforts de centralisation du pouvoir politique. Ingénieur, c'est souvent un titre accordé par un potentat politique, dans la mesure précise où leurs artifices et leurs machines servent à exercer l'emprise politique sur des territoires (Vérin 1993, p. 61). On pense évidemment aux arts de la guerre, mais c'est aussi le cas pour les fêtes de cour (François Ier est par exemple très friand d'artifices et de prouesses techniques lors de ses fêtes) ou les politiques artistiques. En Italie, cette situation des ingénieurs et artistes de la Renaissance est d'autant plus claire qu'elle tient lieu d'outil de compétition entre les princes des différents États, et que les ingénieurs passent souvent de l'un à l'autre au cours de leur carrière.

Ces patronages prennent différentes formes, comme l'octroi de subsides, d'appointements, des dons et des gratifications, qui tous montrent l'intérêt et le goût des princes pour la science, avec parfois une implication plus personnelle de leur part dans les processus scientifiques et artistiques. Certains princes, techniciens eux-mêmes, embauchent des ingénieurs pour travailler avec eux et éviter de passer eux-mêmes pour des techniciens, ce qui dégraderait leur image aristocratique : c'est le cas chez les Médicis à Florence ou à la cour de Rome. Sauf exception, le fait de se mettre au service de quelqu'un, qui plus est un homme d'État, modifie le travail des scientifiques et techniciens. Il faut en effet que leur travail réponde au moins en partie aux attentes de leurs mécènes. Plus généralement, le contexte géographique, politique et social dans lequel travail les ingénieurs a nécessairement aussi un impact sur leurs travaux (*Cambridge History of Science*, vol. 3, p. 255). Pour Léonard de Vinci, c'est en quittant Florence pour Milan que son travail s'oriente plus vers l'ingénierie pure. D'ailleurs, la position auprès du duc de Milan lui paraît assez confortable pour postuler lui même : en 1482, il écrit une sorte de lettre de motivation à Ludovic le More, dans laquelle il se présente comme capable de tout faire et de s'adapter aux demandes du duc (cf. encart).

La « lettre de motivation » de Léonard de Vinci à Ludovic le More (1482)

« Ayant très illustre Seigneur, vu et étudié les expériences de tous ceux qui se prétendent maîtres en l'art d'inventer des machines de guerre et ayant constaté que leurs machines ne diffèrent en rien de celles communément en usage, je m'appliquerai, sans vouloir faire injure à aucun, à révéler à Votre Excellence certains secrets qui me sont personnels, brièvement énumérés ici. (…) En temps de paix, je puis égaler, je crois, n'importe qui dans l'architecture, construire des monuments privés et publics, et conduire l'eau d'un endroit à l'autre. Je puis exécuter de la sculpture en marbre, bronze, terre cuite. En peinture, je puis faire ce que ferait un autre, quel qu'il puisse être. Et en outre, je m'engagerais à exécuter le cheval de bronze à la mémoire éternelle de votre père et de la Très Illustre Maison de Sforza. Et si quelqu'une des choses ci-dessus énumérées vous semblaient impossible ou impraticable, je vous offre d'en faire l'essai dans votre parc ou en toute autre place qu'il plaira à Votre Excellence, à laquelle je me recommande en toute humilité. ».

Lettre de Léonard de Vinci à Ludovic le More, 1482,
depuis *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*,
ed. Giovanni Piumati, Milan, 8 vol., 1894-1904.

À Milan, il trouve un contexte favorable de travaux publics et de modernisation urbaine. Ludovic le More lui commande plusieurs grands projets, notamment un système de canaux pour la ville et d'acheminement de l'eau dans les campagnes environnantes. En 1516, à la cour de François Ier, il est nommé « premier peintre, ingénieur et architecte du roi » : il reprend des projets de canalisation et d'architecture pour Romorantin, donne des décors pour la fête de cour du printemps 1516. Léonard de Vinci architecte et ingénieur aurait ainsi été fondateur des techniques des châteaux de la Loire (Universalis).

Cette présence commandée et financée d'artistes et/ou d'ingénieurs dans les cours princières de la Renaissance pose la question de la nature de leurs travaux : est-ce une science d'État ou une science de cour ? Les deux ! Et c'est là un point intéressant, peut-être caractéristique de la période : ces ingénieurs sont des hommes à tout faire, capables comme Léonard de Vinci de penser une ville entière et des techniques de son approvisionnement, de peintre, de sculpter et de mettre en place des fêtes incroyables ou les prouesses techniques serviront de clou du spectacle. Ainsi à Milan, le 13 janvier 1490, c'est Léonard de Vinci qui est maître de cérémonie lors de l'épisode de la « fête du Paradis », au cœur de l'ensemble palatial du Castello Sforzesco. Le Paradis qui sert de clou du spectacle, c'est une machine géante, de la forme d'un œuf ouvert, à l'intérieur de laquelle de feuilles d'or permettent de jouer sur les effets de la lumière et représentant les étoiles, les planètes selon leur orbite, haute ou basse. La limite extérieure de l'hémisphère est ornée des douze signes du zodiaque, là encore marqués par des effets de lumière. Léonard joue aussi sur le son : des coups de feu sont tirés alors qu'un *putto* (personnage enfantin ressemblant à un ange) vient expliquer le mouvement des planètes et leur inclinaison aux spectateurs émerveillés. Des mécanismes que les témoins ont du mal à identifier font bouger l'ensemble, rendant la scène encore plus incroyable au duc Gian Galeazzo Maria Sforza et son épouse Isabelle (Fichier de TD Brioist).

Les villes et les savoirs

« Lieu d'innovation », la ville entretient un lien étroit avec la production et la diffusion des savoirs à l'époque moderne. Depuis une quinzaine d'années, les relations entre sciences et villes ont été revisitées pour s'interroger sur les villes comme « espace pratiqué » des sciences (Romano et Van Damme 2008). L'idée, c'est de mesure l'impact des activités scientifiques et des institutions de savoirs sur le développement urbain, mais aussi de cerner la place de la ville dans la problématisation de l'agenda savant à l'époque moderne. La ville, c'est à la fois le lieu et l'objet d'investigation des savants. Sous l'influence de l'histoire environnementale, la ville est le sujet des réflexions des ingénieurs comme des médecins au siècle des Lumières, la ville étant perçue comme un organisme vivant. Tour à tour fabrique des lieux de savoirs, espace pratiqué des sciences, lieu de représentation, nœud de circulation, lieu de jugement, la ville est un opérateur décisif des grandes transformations qui affectent sciences et techniques entre le XVe et le XVIIIe siècle.

La ville est aussi un espace de science parce qu'elle est l'espace de convergence de l'ensemble ou presque des acteurs intermédiaires et connexes de la pratique scientifique. Artisans, mécènes, ambassadeurs, commerçants, tous y sont présents. Le savant, sauf exception, ne peut pas faire l'économie de cette prolifération exceptionnelle des intermédiaires scientifiques : il doit, si ce n'est s'installer, assurer une présence résiduelle dans l'espace urbain. Dans le cas italien, cette relation est d'autant plus forte que la nature politique de la Péninsule italienne y incite. Les savants y vont de ville en ville, allant en fait de mécène en mécène, d'une opportunité à une autre.

La production et la circulation des savoirs engagent des modes particuliers d'inscription spatiale ou de logique territoriale. Les institutions de savoir ne doivent absolument pas être considérées comme des isolats urbains, des « forteresses du savoir » qui n'entretiendraient pas de liens avec le reste du monde. Au contraire. La phase de création des institutions scientifiques voit cohabiter des pratiques de localisation (assemblées, expérimentations, dissections) avec des pratiques plus itinérantes dans l'espace urbain, comme les observations astronomiques ou les herborisations. Ainsi Solange Grillot décrit-elle l'astronomie de l'abbé Picard (1620-1682) comme une astronomie « de plein air », toujours mobile, l'abbé quadrillant la ville avant d'être définitivement logé dans les bâtiments de l'observatoire de Paris. Entre 1666 et 1677, il dispose ses instruments à Montmartre, à Passy ou encore dans une maison rue des Postes. Enfin, il installe aussi ses instruments à la Bibliothèque du roi, rue Vivienne. Loin d'être figée

spatialement, la pratique de Picard est éminemment itinérante. L'édification de l'Observatoire royal de Paris où on lui donne un appartement sédentarise sa pratique à partir de juillet 1673, jusqu'à sa mort (Grillot 1987).

Les sciences, symboles de la culture de la Renaissance ?

« Un vilain défaut » : la curiosité à la Renaissance

La curiosité est un vilain défaut, dénoncé par l'Église tout au long de l'époque médiévale. Au XVIe siècle, si cette vision négative ne disparaît pas totalement, un processus de redéfinition s'engage. Les cabinets de curiosités sont les premiers espaces de « spectacle » scientifique. On y met en scène des collections d'objets permettant, par l'expérience matérielle de leur utilisation et de leur observation, d'appréhender un ensemble de phénomènes et de processus intellectuels. La naissance et le développement des cabinets de curiosités entraîne l'essor d'un commerce des objets plus ou moins insolites, et par là même la diffusion des savoirs. C'est d'abord dans les cours italiennes de la Renaissance, puis à travers les cours princières de toute l'Europe, qu'apparaissent les premiers cabinets de curiosité. Les cabinets tissent des liens flous entre curiosité, cultures esthétique, érudite et ludique, mettant en branle autant les humanistes que les artisans et les marchands : l'émulation se fait au-delà de la « science » même (Van Damme 2015, p. 134).

Les cabinets de curiosité relèvent d'un affranchissement de certaines règles religieuses. Surtout, ils ne sont pas que des lieux littéraires et artistiques, mais des lieux scientifiques, organisés autour de deux types d'objets, les *naturalia* et les *artificialia*. Les *naturalia* sont des objets récoltés dans la nature, depuis des pierres jusqu'à des animaux empaillés et conservés sous verre. Les *artificialia* sont des objets issus de l'activité humaine, qu'ils soient exotiques (ramenés du Nouveau Monde ou d'Orient), scientifiques (beaucoup d'instruments scientifiques) ou artistiques. Ces objets se retrouvent dans les cabinets de scientifiques comme de princes et de marchands. Mais sont-ils réellement le signe d'un « affranchissement » social, d'un changement de culture par rapport à la « sombre » époque médiévale ? Bien peu de penseurs, à la Renaissance, ont échappé à la séduction de l'occulte et du merveilleux, et il ne faut pas voir dans les cabinets de curiosité le signe d'une rationalité nouvelle. Les cabinets s'insèrent dans un contexte global de culture de la curiosité, au sens d'une culture du merveilleux, de l'extraordinaire, de l'inexplicable. La curiosité de la Renaissance doit être comprise comme l'émanation d'une volonté de connaître le monde, naturel et humain, plus que comme l'émanation d'une politique scientifique de grande ampleur. Les cabinets de curiosité cependant sont des lieux de science, au sens le plus pur du terme : ce sont des lieux de connaissance du monde, d'accumulation d'objets et de savoirs (beaucoup de livres sont aussi présents dans les cabinets et les *studiolos* de l'époque) (Mazauric 2009, p. 59-60).

Les premiers cabinets apparaissent en Italie dès le XVe siècle. Ils se situent dans le prolongement de la tradition collectionneuse qui remonte à l'époque hellénistique, poursuivie avec un penchant pour le merveilleux au Moyen Âge. C'est à la Renaissance que l'on voit de développer véritablement la pratique des collections, des collections d'œuvres d'art notamment, mais également des vestiges de l'Antiquité. Pour le programme, les plus intéressants de ces cabinets sont probablement ceux constitués par les savants eux-mêmes, qui constituent des cabinets d'histoire naturelle, orientés vers l'étude des minéraux, des plantes ou des animaux, à des fins d'inventaire et de classement, ou vers un usage médico-thérapeutique. C'est pourquoi ces cabinets s'accompagnent souvent de la création d'un jardin botanique, d'une ménagerie et d'une bibliothèque, parfois d'un théâtre anatomique. Ces cabinets sont un emblème de la culture scientifique de la Renaissance, dans la mesure où ils offrent autant de place aux savoirs anciens et aux objets hérités du passé qu'à des nouveautés, des instruments scientifiques et techniques notamment, symboles de la modernité.

On peut développer deux exemples de cabinets intéressants, un princier et un purement scientifique. Le premier, c'est celui des grands ducs de Toscane François Ier (1541-1587) et Ferdinand Ier (1587-1609). Au cours de ces deux longs principats, la cour de Florence accumule des savoir-faire de tous types et des artisans/techniciens de tous genres, depuis des joailliers jusqu'à des cosmographes. Cette combinaison de compétences est à l'origine d'une production d'artefacts hors-norme, production en grande partie remisée dans le *studiolo* du prince. Michel de Montaigne (1533-1592), qui visite Florence, sa cour et ses palais, note ainsi dans son journal : « Le même jour, nous vimes le palais du duc, là où il prend plaisir à travailler à contrefaire des pierres orientales et des cristaux tranchants : il est un prince intéressé par l'alchimie et les arts mécaniques » (*Cambridge History of Science*, vol. 3, p. 265).

Le second exemple, c'est celui de Hans Slone, physicien irlandais installé à Londres. En 1689, Sloane installe avec succès un cabinet médical à son domicile londonien. Il soigne alors beaucoup d'aristocrates, et parmi eux, la reine Anne et les rois Georges Ier et II. Médecin innovant, il devient Président du Collège des Physicians entre 1719 et 1727, puis succès à Newton à la tête de la Royal Society. Surtout, Sloane est un collectionneur compulsif. Sa « carrière » de collectionneur commence en 1687, quand il accompagne le Duc d'Albermarle en Jamaïque (en tant que médecin personnel du gouverneur) : il y collecte 800 espèces de plantes et d'autres spécimens vivants, qu'il ramène à Londres. Au fil de sa carrière, il acquiert et hérite de nombreuses collections de savants londoniens, souvent ses amis. Dans les années 1720, son domicile est tellement plein qu'il doit acheter le bâtiment mitoyen ! En 1742, il déplace le tout dans une nouvelle propriété qu'il acquiert à Chelsea. Au moment de sa mort en 1753, sa collection compte 71 000 objets, plus de 50 000 livres et manuscrits et 23 000 pièces et médailles. À sa mort, il donne le tout au roi Georges II et à la nation : c'est ce don d'une ampleur exceptionnel qui amène à la fondation du British Museum, le 7 juin 1753.

Astrologie et astronomie : le cas Copernic

Nicolas Copernic nait en 1473 dans une famille germanophone de Pologne. Son père, riche négociant en cuivre, meurt alors que Nicolas n'a que dix ans ; c'est son oncle, chanoine puis évêque, qui l'élève. Nicolas commence ses études en 1491 à l'université de Cracovie, où il suit des cours essentiellement dominés par la pensée aristotélicienne. En 1496, Nicolas part pour l'Italie, à Bologne, où il suit des cours de droit. Surtout, il s'initie à l'astronomie auprès de Domenico Maria Novara, à Bologne toujours, puis à Padoue et à Ferrare, où il obtient un doctorat en droit canon. Rentré en Pologne, il devient chanoine, mais n'oublie pas son intérêt scientifique, notamment pour la médecine et l'astronomie. En Pologne, il développe un modèle cosmologie « révolutionnaire », fondé sur l'héliocentrisme et l'idée d'un double mouvement terrestre, axial et orbital. Le Soleil devient ainsi le nouveau centre de l'univers, autour duquel gravitent les autres planètes ainsi que les étoiles. C'est cette décentration/recentration de l'univers, ce passage du géocentrisme à l'héliocentrisme qui résume ce qu'on appelle classiquement la « révolution copernicienne » (Mazauric 2009, p. 17-18). Ces théories sont expliquées, développées et diffusées par le *De Revolutionibus*…, traité d'astronomie publié en 1543. Il faut bien comprendre que le *De revolutionibus* s'inscrit dans la tradition astronomique la plus classique, répondant, certes différemment, aux mêmes interrogations que les écrits de Ptolémée. Copernic se place dans un système astronomique existant, qu'il renverse pour placer le soleil au centre. Des éléments du système ptoléméen comme la théorie des deux sphères (la Terre est sphérique, dans un monde sphérique) ou la finitude du monde sont repris. Copernic n'aurait donc que très partiellement rompu avec les traditions intellectuelles qui l'ont précédé : si « révolution copernicienne » il y eut, elle ne peut pas lui être totalement imputée. Copernic est donc quelque part en transition entre l'astronomie ancienne et l'astronomie moderne, il est un « passeur » (Mazauric 2009, p. 34).

Quid de la réception immédiate des théories de Copernic ? Contrairement à ce que l'on aurait pu croire, l'Église fut assez favorable à Copernic, du moins de son vivant. En effet, ce n'est qu'en 1616, effets de la Réforme catholique obligent, que le *De Revolutionibus* est mis à l'index (Blay 2001, p. 104). Mais Copernic a tout de même conscience du caractère contestataire de sa théorie, qui met à bas une partie de l'Évangile. Dans la préface de l'ouvrage, il écrit une dédicace au pape Paul III (1534-1549), considérée comme un plaidoyer pour la liberté d'expression des thèses scientifiques : « *Je puis fort bien m'imaginer, Très Saint Père, que, dès que certaines gens sauront que, dans ces livres que j'ai écrits sur les révolutions des sphères du monde, j'attribue à la terre certains mouvements, ils clameront qu'il faut tout de suite nous condamner, moi et cette mienne opinion. (…) Il s'en fallut de peu que, de crainte du mépris pour la nouveauté et l'absurdité de mon opinion, je ne supprimasse tout à fait l'œuvre déjà achevée. (…) Et peut-être, aussi absurde que ma théorie du mouvement de la terre ne paraisse aujourd'hui à la plupart, elle n'en provoquera que d'autant plus d'admiration et de reconnaissance lorsque, par suite de la publication de mes commentaires, ils verront les nuages de l'absurdité dissipés par les plus claires démonstrations. C'est par de telles persuasions et par de tels espoirs que je fus amené à permettre enfin à mes amis de faire l'édition de mon œuvre qu'ils m'avaient longtemps réclamée* » (depuis Koyré 1934).

Les théories de Copernic, si elles sont connues de ses contemporains, ne semblent à première vue pas avoir particulièrement bousculé les esprits, du moins de son vivant (m. 1543) et des premières années après sa mort. Le livre de 1543 aurait été un échec commercial indéniable. Le livre de Copernic n'a que quatre fois été réédité entre le XVIe et le XIXe siècle (dont deux fois au XIXe). Or, à la même époque, la plupart des manuels d'astronomie connaissaient entre dix et soixante rééditions en une cinquantaine d'années. Cet échec est dû à un livre illisible (en latin), comportant énormément d'erreurs : quand on rentre dans les détails, il est incompréhensible. Les contemporains auraient donc très peu lu Copernic, qui ne marque pas en réalité le début de la révolution scientifique (CM Baratay). Pour eux, son œuvre ne représentait pas la théorie du mouvement de la Terre mais une théorie moderne contradictoire de l'*Almageste*. Or, à l'époque, on n'aime pas tant la nouveauté que la lecture des textes anciens. Le *De Revolutionibus* n'est cependant pas condamné, et il est même utilisé par d'autres professeurs éminents dans l'espace germanique (*Cambridge History of Science*, vol. 3, p. 568-569). Ça, c'est la théorie classique de la réception (ou plutôt de la non-réception) copernicienne. Un bide, vraiment ? Owen Gingerich, dans *Le livre que personne n'avait lu*, paru en version originale en 2004, a réussi à recenser l'ensemble des exemplaires encore conservées de l'ouvrage datés de 1543 et de 1566 (deuxième édition), soit précisément 601 copies. Il montre justement la dissémination des théories coperniciennes dans la seconde moitié du XVIe siècle, un peu partout en Europe. Giordano Bruno (cf. infra), Thomas Digges ou Robert Recorde sont autant de savants reprenant, parfois sans le citer, les théories de Copernic sur l'héliocentrisme. Quelque part, il faut donc avouer que Copernic a été lu, même si de manière limitée, dans des milieux assez restreints, mais sur un espace et une chronologie assez vaste pour être notable (Gingerich 2008).

L'attitude de l'Église face au copernicianisme change du tout au tout avec la Réforme catholique, à la fin du XVIe siècle. En février 1600, Giordano Bruno périt sur le bûcher de l'Inquisition après avoir attiré longuement l'attention de celle-ci sur les conséquences insoupçonnées de l'adoption du système héliocentrique. Peu après, le *De revolutionibus* est mis à l'Index, en 1616. C'est le même cardinal Bellarmin, qui avait fait condamner Bruno qui instruisit le premier procès contre le copernicien Galilée. La condamnation finale et l'abjuration de Galilée survinrent peu après, en 1633, lorsqu'il lui fut notifié que la théorie héliocentrique était fausse, absurde et hérétique. Sauf que le procès de Galilée, au retentissement européen, fit une énorme publicité au copernicianisme, publicité beaucoup plus simple et accessible que la lecture en latin des six volumes du *De revolutionibus*.

La médecine et le corps à la Renaissance : André Vésale et Ambroise Paré

Au XVIe siècle, il est possible d'imputer les transformations de la manière de voir le corps à trois savants : André Vésale, Ambroise Paré et Paracelse (suisse, donc hors-programme). La médecine connaît alors des évolutions rapides et considérables, imputables en partie à un changement de paradigme vis-à-vis des écrits anciens, Gallien en tête. À travers Vésale et Paré, ce sont ces mutations, dans leur temps et donc dans leur ancrage spatio-temporel, qu'il s'agit ici de faire ressortir.

André Vésale nait à Bruxelles en 1514, dans une famille de médecins et d'apothicaires. Après une éducation humaniste à Louvain, il part étudier la médecine à Paris, puis à Padoue où il est reçu en 1537 docteur de l'université et aussitôt nommé professeur d'anatomie et de chirurgie. Lors de ses cours, Vésale accroît sa réputation d'anatomiste et de chirurgien en pratiquant es dissections publiques, sur des cadavres de condamnés à mort. Dès ses premières leçons, il illustre ses séances de dissection par des schémas et des dessins (cf. encart). En 1540, il enseigne la chirurgie à Bologne. C'est en 1543 qu'il publie son ouvrage le plus célèbre, le *De humani corporis fabrica libri septem,* presque en même temps qu'un recueil d'illustrations anatomiques, le *Fabrica.* Dans ces ouvrages, Vésale s'écarte du modèle de Gallien, tout puissant dans les études anatomiques de l'époque. Il n'est pas le premier à le faire, mais il est le premier à l'avouer. La dissection, c'est-à-dire la pratique du corps humain et son observation, fonde sa réforme de l'anatomie. Là aussi, il n'est pas le premier à disséquer des corps, mais il semble qu'il fût le premier à en faire un outil pédagogique et épistémologique (Mazauric 2009, p. 41-44).

De l'utilisation des illustrations dans les ouvrages scientifiques à la Renaissance

En 1539, le médecin parisien Jacques Dubois (1478-1555) publie un commentaire du traité *Sur les os* de Galien. Il explique avoir refusé l'impression de quelque image que ce soit. Pour lui, elles ne doivent pas se supplanter à l'observation directe. Les dessins et les proportions faussent trop l'observation. Selon Dubois, les images sont non seulement inutiles, mais nuisibles, dès lors qu'elles peuvent induire les étudiants à se détourner de l'observation directe de la nature pour se contenter de regarder des figures trop peu fiables et n'offrant que des renseignements imparfaits. André Vésale, ancien élève de Dubois, contredit rapidement son professeur en publiant des ouvrages largement illustrés par des gravures sur bois. La question est de déterminer qui de Dubois ou de Vésale représente le mieux la culture visuelle de son temps. Vésale semble tout de même représenter une certaine évolution, face au conservatisme de Dubois.

Le corpus des images scientifiques à l'époque moderne est immense. Mais il n'est cependant qu'une portion du corpus des images imprimées. Les images scientifiques sont des images parmi d'autres, marquées par des choix figuratifs représentatifs et des solutions techniques et graphiques. Dans les imprimés, l'image se même le plus souvent au texte. Elle illustre, explique. La place de l'art dans les ouvrages scientifiques devient cruciale, dès lors qu'il doit permettre de satisfaire autant aux exigences de qualité esthétique du dessin qu'à celles de qualité technique dans la réalisation des gravures.

Rapidement, des relations étroites se nouent entre auteurs des textes et artistes chargés de produire les images. Par exemple, le graveur Hans Weiditz le jeune, élève de Hans Burgkmair, réalise 135 planches gravées pour le médecin et botaniste allemand Otto Brunfels en 1534. En 1555, Pierre Belon publie une *Histoire de la nature des oyseaux*, où il prévient le lecteur que chacune des images a été vérifiée par des peintres italiens, anglais et flamands, qui ont complété le travail important du parisien Pierre Goudet.

La question des proportions et de la fiabilité de la représentation arrive bien vite sur le devant de la scène, répondant en quelque sorte à Jacques Dubois au moment même où il lançait ses vives mises en garde contre l'utilisation des images. L'importance des travaux d'Alberti, de De Vinci et de Dürer pour le calcul des proportions n'est pas à rappeler. Se constitue de fait un ensemble de règles de représentation. Pour les objets, celles-ci sont rapidement établies de manière assez simple. Mais l'affaire est toute autre en ce qui concerne le corps humain. On trouve en abondance des traités sur la représentation des différentes parties du corps. Des images savantes du corps les illustrent et les complètent.

> Pour l'histoire naturelle, l'image est une modalité privilégiée de la description naturaliste. À partir des années 1580, la gravure sur cuivre tend à remplacer celle sur bois : le rendu des détails est bien meilleur, et permet une certaine autonomisation de la planche par rapport au texte. Les naturalistes se posent surtout la question de ce que doit représenter l'image, autour de la notion du « d'après nature ». Le problème de la copie (et donc du remploi de la même image pour décrire des espèces différentes) tend à discréditer l'utilisation de l'image à des fins scientifiques. Au XVIIe siècle, cette dernière se fait plus rare, pour reparaître au XVIIIe siècle comme représentative d'archétypes plus que de spécimens particuliers.
>
> Finalement, interroger le statut de l'image comme outil de connaissance nécessite d'ancrer son fonctionnement dans les pouvoirs qui lui sont conférés par les théories savantes sur la vision, l'imagination, la mémoire. La vision et ses propriétés sont au cœur des régimes de vérité institués dans la première modernité européenne.
>
> D'après Van Damme 2015.

Les méthodes d'enseignement de Vésale ne se placent pas en rupture de l'enseignement classique (*lectio, quaestio, disputatio*), mais dans la continuité : la dissection vient illustrer et confirmer (ou infirmer) ce qui est dit dans les ouvrages lus avec les élèves. Surtout, l'observation des corps devient un objet d'étude en soi, capable de se suffire à elle-même, voire à critiquer les textes. Le projet de Vésale, fondamentalement humaniste, est originellement de vérifier les propos de Gallien, de les confronter à l'observation et à la réalité des corps. Vésale met rapidement à jour le principal défaut de Gallien, qui a en fait généralisé à l'homme des observations faites par le moyen de dissections animales. C'est avec cette « découverte » que Vésale en vient à révolutionner l'anatomie (Mazauric 2009, p. 43-45).

Ambroise Paré (1510-1590), médecin parisien, semble être à la chirurgie ce que Vésale est à l'anatomie. Paré, c'est un médecin « de terrain », qui a reçu une formation très classique, et s'est rapidement trouvé sur le terrain, dans les campagnes piémontaises de François Ier, pendant la guerre contre Charles Quint de 1536-1538 (cf. encart). Durant trente ans, c'est sur les champs de bataille qu'Ambroise Paré pratique la médecine et la chirurgie, autant qu'à la cour, où il est nommé en 1562 chirurgien ordinaire du roi. Or, cette caractéristique de sa carrière est fondatrice de sa pensée et des théories qu'il met au jour. Par exemple, il n'est pas anodin que sa première « sortie » scientifique concerne le traitement des plaies par arquebuses, pour lequel il préconise un traitement à base de jaune d'œuf, d'huile rosat et de térébenthine, traitement qui s'avère beaucoup plus efficace et moins douloureux que le traditionnel traitement à base d'huile de sureau. Également, Paré refuse de cautériser les plaies à la suite des amputations, préférant procéder à la ligature des artères. Les premiers ouvrages de Paré compilent ces méthodes chirurgicales pour traiter les blessures de guerre. Surtout, contrairement à beaucoup d'ouvrages de ses contemporains, ils sont publiés en français, ce qui les rend disponibles à un public beaucoup plus large. Aussi, socialement, leur succès a pour conséquence directe de réhabiliter le métier de chirurgien, compris jusque là comme de simples ouvriers de la médecine. Paré revendique une liberté professionnelle du chirurgien dans l'exercice de ses fonctions, et donc une liberté sociale, celle du droit pour les chirurgiens d'outrepasser certaines règles imposées par les médecins. C'est justement cet outre-passement de ses « droits » sociaux qui fait subir à Ambroise Paré les foudres de certains de ses contemporains, notamment le doyen de la faculté de médecine de Paris, Étienne Gourmelen, qui critique autant le fond que la forme (notamment l'usage du français) des travaux de Paré (Mazauric 2009, p. 46-47). Gourmelen, c'est l'adversaire, l'ennemi même, de Paré par excellence. Professeur en 1567, il est élu doyen de la Faculté de médecine de Paris en 1574, fonctions qu'il exerce jusqu'en 1578. En 1566, Gourmelen avait publié sans grand succès un ouvrage de chirurgie, d'abord en latin, puis traduit en français en 1571 sous le titre *Le sommaire de toute la chirurgie*. Dans cet ouvrage, Gourmelen s'en tient à l'autorité des Anciens, parlant des nouveautés comme quelque chose de dangereux. Ambroise Paré, fâché que la traduction française de l'ouvrage de Gourmelen mette à disposition de tous les étudiants en chirurgie des idées qu'il juge dépassées, réplique en deux temps, en 1572 (*Cinq livres de chirurgie*) et en 1573 dans les *Deux livres de*

chirurgie. C'est là la situation au moment où Gourmelen prend la tête de la Faculté de médecine de Paris. Gourmelen envoie une supplique au Parlement de Paris, au moment de la parution des *Œuvres complètes* de Paré (22 avril 1575), demandant l'examen complet des contenus avant l'autorisation de publication. Le différend passe même devant le Conseil royal. Trois fois cité, Paré finit par comparaître devant le Conseil du roi, qui renvoie la cause devant le Parlement. Défendue par un célèbre avocat parisien (Chauvelin), la Faculté argue d'un vieil arrête du 2 mai 1535 faisant défense de publier aucun livre de médecine sans son approbation. Le 14 juillet, le Parlement reproche en outre à Paré d'avoir écrit beaucoup de choses contraires aux bonnes mœurs, visant surtout le contenu des livres de la *Génération et des Monstres* (1573). Alors que le Parlement finit par ordonner de remettre l'ouvrage à deux conseillers pour en faire rapport à la Cour, le volume est tout de même mis en vente sans modification (à l'été 1575). Pour sa défense, Paré adresse un mémoire à la Cour, une *Response aux calomnies d'aucuns médecins et chirurgies touchant ses Œuvres* : il y répond en disant que la seule raison de l'hostilité envers lui vient de la langue vernaculaire utilisée dans ses ouvrages, affirmant que cette critique n'a pas de sens. Défendu par son ami Ronsard, Paré n'est jamais réellement inquiété au cours de cette affaire (Dumaître 1998, p. 205-206).

La « guerre de Provence » et ses soubresauts

La guerre de Provence fait partie intégrante des guerres d'Italie (c'est la 8e), et plus particulièrement des guerres incessantes entre les frères ennemis du premier XVIe siècle, à savoir François Ier et Charles Quint. Tout commence avec la mort du duc de Milan, François II de Sforza : François Ier conteste la légitimité du duché à Philippe, le fils aîné de Charles Quint. Par démonstration de force, le roi de France envahit violemment la Savoir au début de l'année 1536 ; en réaction Charles Quint envahit la Provence (juin 1536). Anne de Montmorency, chargé de stopper l'avance des impériaux, brûle tout pour ne rien laisser : l'Empereur quitte la France en septembre sans avoir livré la moindre bataille. En parallèle, François Ier s'est allié officiellement à Soliman le Magnifique, dont la flotte mouille à Toulon à l'hiver 1536-37 : en 1537, une flotte franco-ottomane menace Gênes, bastion impérial. La « montée des périls » n'est arrêtée que par l'intervention de Paul III, pape énergique élu en 1534, qui force plus ou moins les deux souverains à signer la Paix de Nice, en 1538 : la France acquiert le Piémont mais renonce à Milan.

Paré, un homme subversif de son temps ? Il l'est dans son attitude face à ses contemporains, mais assez peu face aux savoirs anciens, qu'il respecte profondément même s'il dit qu'il ne faut pas s'y arrêter. Paré est un homme subversif parce qu'il rompt les conventions et hiérarchies sociales. Chirurgien, il va au-devant des plus grands médecins de son temps, n'hésitant pas à leur faire face alors que les conventions le veulent inférieur. Ces conventions et hiérarchies sociales sont très importantes pour comprendre le parcours et la réception de Paré : probablement que s'il avait été médecin, il eut put dire la même chose sans être embêté !

Sciences et techniques tournées vers la guerre

L'exemple d'Ambroise Paré semble une amorce toute faite à l'analyse d'un lien direct entre sciences, techniques et pratique de la guerre. La guerre, c'est le *leitmotiv* de l'Europe moderne. Les guerres d'Italie d'abord, de religion ensuite, de Trente Ans, de la Ligue d'Augsbourg, de Sept Ans, sont quelques uns des conflits majeurs de la période. Cette omniprésence de la guerre est demanderesse d'innovations techniques et scientifiques, qui permettent théoriquement de prendre le dessus sur l'adversaire. L'artillerie est l'une des quatre grandes inventions qui marquent la rupture entre Moyen Âge et époque moderne (avec l'horloge à poids, l'imprimerie et la pyrotechnie). Après tout, l'artillerie avait permis aux troupes françaises d'envahir l'Italie sans résistance en 1494-1495, l'introduction des arquebuses par les *tercios* espagnols leur assure leur supériorité dans la péninsule italienne à partir des années 1550…

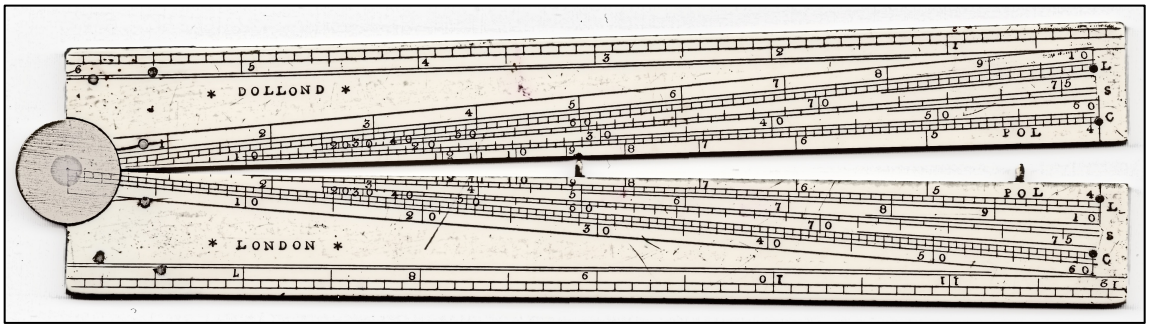
La question du rapport entre sciences et guerre(s) renvoie d'abord à celle du rapport entre science et pouvoir. Au XVIe siècle se développe une réelle relation entre savoir et pouvoir. La science est comprise par les détenteurs du pouvoir politique comme un savoir spécialisé et potentiellement exploitable. Ce qui

intéresse les princes de la Renaissance, c'est la capacité à utiliser les savoirs théoriques à des fins pratiques. Cette sollicitation politique des savoirs ne suffit pas à comprendre l'implication grandissante des États dans les activités scientifiques. Mais c'est une première clé de lecture qui a le mérite de ne pas être fausse. Des particuliers investissent également dans les pratiques scientifiques et innovations techniques, pour des raisons essentiellement économiques. Mais les gouvernements ont le mérite d'initier des politiques d'innovation, par des privilèges d'exploitation. Les inventions passent par un processus de validation et de protection de manière à les transformer en innovation. On a là l'utilisation concrète des découvertes scientifiques. En France, les privilèges sont liés à des examens d'utilité, qui deviennent l'épine dorsale du régime. En Royaume de France, le poids des « experts » dans les politiques gouvernementales est au cœur de travaux récents, notamment sur le ministre William Cecil (principal ministre d'Elisabeth Ière entre 1558 et 1598). Cecil est l'un des acteurs principaux de la *Big Science* élisabéthaine*. Il s'entoure d'un réseau d'informateurs qui lui disent les différentes découvertes à travers l'Europe. Les enquêtes menées par ce réseau construisent un savoir d'État au service de l'action politique. Elles débouchent sur l'émission de proclamations, d'actes royaux par lesquels la couronne protège une production ou un marché, ou bien par l'octroi de monopoles d'exploitation (Van Damme 2015, p. 411-414).

La question du rapport entre les sciences et la guerre ensuite renvoie fondamentalement à celle de l'influence mutuelle de ces deux objets historiques. **En quoi les sciences ont-elles transformé la guerre, et en quoi la guerre a-t-elle transformé les sciences ?** Pour répondre à ces questions, il faut prendre en compte un ensemble de faits concernant la guerre à l'époque moderne. On remarque une hausse considérable du rôle de l'infanterie, et par là même une croissance de la taille des armées. L'**inflation est notable des effectifs et des champs d'action militaires** (20 000 soldats espagnols en 1470, 150 000 en 1550). Les **armes à feu** de tous types se multiplient. En résumé, on a à l'époque moderne une réelle **massification de la guerre**. Cette massification de la guerre a pour conséquence d'imposer la conviction que le nombre était gage de victoire, à condition de penser la tactique dans les termes de l'art du calcul et de la science. **La convergence de la pratique et de la théorie, par la mise en contact de leurs différents acteurs, a des conséquences notables**. Le travail des théoriciens, confronté aux besoins et aux critiques des praticiens, fut modifié profondément. Par exemple, la balistique finit par intégrer la mesure de la résistance de l'air. Dans l'art de la fortification, il fallut prendre en compte la question de la résistance des matériaux. **Un dialogue fécond s'établit donc entre hommes de guerre et savants** (Van Damme 2015, p. 127).

Les soldats, réifiés et réduits au concept d'unité, sont intégrés dans des calculs complexes et des arborescences interminables. Il faut aussi retenir de la guerre à l'époque moderne qu'elle demande de plus en plus de précision dans l'enchaînement des mouvements de chacun. La guerre se fait désormais au millimètre. D'où une nécessaire introduction des méthodes mathématiques : la guerre se calcule. Dans certains cas, l**es officiers transportaient sur le champ de bataille des instruments mathématiques** analogues au compas militaire de Galilée. Le **compas de proportion**, le plus courant au XVIe siècle, a été décrit notamment par Thomas Hood en 1598 et par l'italien Guidobaldo del Monte* (Van Damme 2015, p. 115). Sur chaque branque de l'appareil, formé de deux règles articulées autour d'un cercle, figurait une ligne de plans, graduée avec les racines, et une ligne des parties égales, graduée de 0 à 200. Il suffit d'ouvrir le compas sur un angle droit pour effectuer une mesure de proportion. À quoi servaient les mathématiques dans l'organisation tacticienne de la guerre ? La manipulation des mathématiques était par exemple utile à la **répartition des armes**. Même au sein d'un carré de piquiers, il fallait distinguer ceux qui étaient bien équipés (notamment le port d'armure) et ceux qui ne l'étaient pas. Les mathématiques servaient à répartir les armes et les équipements de manière proportionnelle (Van Damme 2015, p. 118).

Le compas de proportion (ou *sector*)



Mais le gros « mangeur » de sciences à la guerre demeure l'**artillerie**. Les questions de pure technique (**fonderie des pièces et des boulets, fabrication des poudres, calibrage des projectiles**) sont primordiales. Ensuite se développe une réelle **science balistique**. Le canon devient une sorte de lieu expérimental paradigmatique. La trajectoire d'un boulet de canon est intéressante parce qu'elle dépend autant du mouvement naturel des corps en chute libre que de la propulsion/décompression des gaz dans la chambre de tir (Van Damme 2015, p. 119). Cette balistique est une technique qui montre bien comme nait une relation entre une recherche technique (le problème balistique) et une préoccupation théorique, déjà présente dans les travaux d'Aristote celle du mouvement des corps. C'est Niccolo Tartaglia qui est l'un des premiers à s'attaque à ce problème, et on le considère souvent comme le fondateur de la balistique, partie de la mécanique qui étudie le mouvement des projectiles. Dans son livre *La Nova scientia* (1550), Tartaglia commence par décrire un instrument pour mesurer l'angle que forme le tube avec l'horizontale. Il établit alors deux faits nouveaux pour son temps. Premièrement, il affirme que la trajectoire est courbe, sauf dans sa partie initiale qui serait rectiligne. Deuxièmement, il établit que la portée maximale est atteinte quand le tube forme avec l'horizontale un angle de 45 degrés. Son livre est présenté exactement comme un ouvrage de géométrie, avec définitions, propositions numérotées, démonstrations et corollaires. Les mathématiques sont donc appliquées aux questions techniques (ou l'inverse) (Baudet 2003, p. 186-187). Ces questions autour de l'artillerie, Léonard de Vinci se les pose déjà autour du début du XVIe siècle. Dans un manuscrit conservé à Paris, il nous dit : « *Si une bombarde tire à son plus haut degré de puissance, un boulet de 100 livres à trois milles, jusqu'où lancera-t-elle un boulet de deux-cents livres, jusqu'où lancera-t-elle un boulet de deux ou trois cents livres, ou tout autre, soit inférieur, soit supérieur à cent ? Si à son plus haut degré une bombarde, avec quatre livres de poudre, lance un boulet de 4 livres à 2 milles, de combien dois-je augmenter la poudre pour qu'elle porte à 4 milles ? Si avec 4 livres de poudre, une bombarde chasse un boulet de 4 à 2 milles, jusqu'où 6 livres le projetteront-ils ?* ***La science est le capitaine et la pratique tient la place des soldats*** » (Ms de l'Institut de France I, f° 128v).

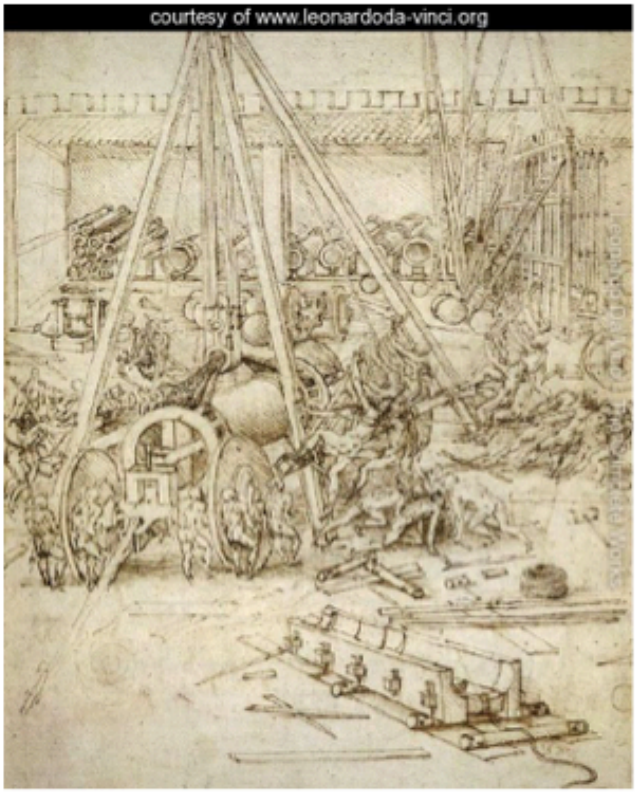
La guerre à l'époque moderne se pense, comme avec Tartaglia, et se prépare. Il est nécessaire de fabriquer des armes, ce qui amène à une production technique, qui répond à une demande croissante (plus de soldats, donc plus d'armes et d'armures). Le roi de France, au début du XVIe siècle, est tout à fait conscient de cette importance technique, en amont, de la pratique militaire. À Tours, ancienne capitale du royaume au milieu du XVe siècle, un pôle de production d'armes et d'armures se constitue rapidement. Au XVIe siècle, Tours apparaît comme un des centres armuriers les plus importants du royaume de France. Ce centre se base sur une importante communauté d'armuriers d'origine étrangère. Ces armuriers étrangers, principalement originaires du nord de la péninsule italienne, ont été des acteurs majeurs de la réputation d'excellence des armes et armures tourangelles. Or, ils sont là principalement sur la volonté politique du roi de France, qui les a fait venir de Lombardie. La famille milanaise des Merviglia, dont le nom fut francisé en Merveilles, semble ainsi régner sur la production d'armures à Tours jusque 1551. En 1528, François Ier naturalise un membre de la famille, Louis de Lacques, pour ses services rendus dans la

production des armures du roi (il est même choisi en 1531 comme ambassadeur de France à Milan). Ces armuriers italiens de Tours ont ceci d'intéressant qu'ils importent des savoirs techniques en France, et les diffusent. Les Merveilles par exemple emploient de nombreux apprentis et compagnons, pour la plupart locaux, qui mettent en œuvre les techniques apprises une fois devenus maîtres à leur tour. Une de ces innovations techniques sur les armures importées par les italiens, c'est l'usage croissant du style grotesque par les décorateurs d'armure : l'ornementation des armures est par exemple reprise par Henri II (1547-1559) pour ses armures, largement inspirées du mouvement maniériste. Ces décorations sont réalisées à partir d'une technique de gravure bien précise, avec de l'acide nitrique, technique qui se diffuse progressivement en France. Jacques Merveilles, armurier du roi, fait de cette technique son faire-valoir, et devient grâce à elle armurier du roi : c'est lui qui fabrique notamment les armures destinées aux grands tournois des règnes de François Ier et d'Henri II. À Tours, il ne semble pas que la venue d'artisans natifs de pays étrangers ait provoqué des conflits et des rejets de la part de la population locale. Aucune discrimination socio-spatiale ne semble avoir eu lieu. Au contraire, Jacques Merveilles représente régulièrement, en plus des armuriers, les habitants de sa paroisse aux assemblées municipales. Ces armuriers italiens ont donc contribué en grande partie à la richesse et à la réputation de la cité dans le domaine de l'armurerie, par l'importation de techniques lombardes, sur ordre et commande politiques. Ces armuriers italiens évidemment ne se retrouvent pas qu'à Tours, mais aussi à Londres, dans les Flandres et les terres impériales (Reppel 2008).

Figure 2. Léonard de Vinci, Plan d'Imola, place forte de César Borgia, 1502, plume, encore et aquarelle, Windsor Castle, Royal Library, RL 12284.

Le rapport entre savants et militaires est finalement beaucoup plus technique que scientifique. Il s'agit concrètement de rendre possible des besoins, nécessités ou envies militaires. Pour comprendre ce rapport, c'est encore le cas de Léonard de Vinci qui semble le plus clair. Léonard, ingénieur militaire, ainsi que le dépeint Pascal Brioist. C'est le paradoxe de Léonard de Vinci, qui qualifie la guerre de folie bestiale, mais participe une grande partie de sa vie à fabriquer des machines de guerre. Il faut d'abord rappeler la

fameuse lettre à Ludovic le More, en 1482 : « *J'ai aussi des méthodes pour faire des bombardes, très commodes et faciles à transporter, qui lancent de la pierraille quasi comme la tempête, causant grande terreur à l'ennemi par leur fumée et grand dommage et confusion. (…) Là où l'emploi du canon n'est pas possible, je fabriquerai des catapultes, mangonneaux, trébuchets et autres machines d'une admirable efficacité, peu usités en général. Bref, selon les cas, je fabriquerai un nombre infini d'engins variés, pour l'attaque ou la défense* » (Livret Brioist). Léonard fréquente des hommes de guerre, qu'il soit à leur service ou non. Il les côtoie en temps de paix et en temps de guerre, allant parfois lui-même sur les champs de bataille, ainsi lors des campagnes de César Borgia en 1502. Léonard est un mercenaire de la technique, qui place ses talents de techniciens et d'ingénieur au service d'hommes, sans nécessairement juger les causes. L'artillerie, fleuron des innovations militaires de son temps, devient dans les années 1500 l'une de ses occupations militaires : il dessine notamment des canons à multiples barils et des bombardes puissantes, dont il s'arrange pour que le bruit soit beaucoup plus fort (selon lui, le pouvoir de l'artillerie tient au bruit que cela engendre et à la terreur que cela inflige aux soldats). On peut encore voir les dessins des machines sur les manuscrits conservés de Léonard (cf. illustrations).



L'essor de l'imprimerie accompagne les transformations des techniques de la guerre. Les ingénieurs militaires, souvent dotés de compétences architecturales (donc géométriques et mathématiques), écrivent et publient des traités de fortifications. Ainsi Léon Battista Alberti consacre-t-il un chapitre entier de *De l'architecture* aux murs, défenses, boulevards, tours et portes (1485). En France, le traité majeur sur la question paraît en 1600 : c'est *La Fortification réduicte en art et démonstrée* de Jean Errard de Bar-le-Duc. Pour la seule période de Louis XIV (1661-1715), on recense plus de cinq cents livres imprimés ou réédités, sans oublier les contrefaçons en langue française. Ces traités de fortification et de poliorcétique, imprimés et manuscrits, comportent de très nombreux dessins et planches gravées. La vertu des images pour la transmission des connaissances techniques est en effet soulignée dès la Renaissance par Agricola (*De re metallica*, 1556). Ainsi le *Traité de l'attaque des places* de Vauban écrit pour le duc de Bourgogne en 1704 sur ordre de Louis XIV pour parfaire l'éducation de son petit-fils, comporte-t-il 31 planches aquarellées des tranchées et des attaques, mais aussi des outils utilisés par les soldats pour creuser les tranchées ou

installer les mines. La fortification devient un art aux enjeux énormes : avec une application poussée des mathématiques, une place forte peut devenir littéralement imprenable. Les fortifications doivent également s'adapter aux innovations de l'artillerie : plus épaisses, mais aussi plus basses, inclinées et en forme d'étoiles, les murailles, notamment italiennes, de la Renaissance sont des lieux hautement scientifiques, conçus mathématiquement pour être très difficiles à prendre.

En termes d'outils défensifs, l'eau a très tôt été conçue comme un élément naturel de défense passive, un obstacle. La maîtrise de l'eau des ingénieurs hollandais (Simon Stevin en tête) a contribué à diffuser les techniques d'utilisation de l'eau comme un moyen de défense, si ce n'est une arme. Vauban en France est un pionnier de ces techniques hydrauliques, ayant lui-même assisté à l'efficacité de tels moyens de défense lorsque les Espagnols avaient inondé les fossés de Gravelines en 1658. En 1662, Vauban rédige un mémoire sur les inondations de Calais et de Dunkerque et répond favorablement à la demande des Flamands que de creuser un canal de Dunkerque à Calais (réalisé en 1670). L'eau devient un élément essentiel de la défense des places du nord de la France et des Pays-Bas, à l'exemple de la citadelle de Lille, alimentée par une large canalisation souterraine, avec un système de vannes et d'écluses jusqu'au cours d'eau le plus proche. L'essentiel de ces techniques de défense par l'eau passe par des systèmes d'inondation : l'inondation des alentours d'une place permet de rendre beaucoup plus difficile son investissement par une armée ennemie ainsi que de rendre la coin propice à la diffusion de maladies (eaux stagnantes). Ces inondations volontaires prennent toujours des dimensions importantes : il s'agit de déverser un mètre d'eau minimum sur une surface d'une lieue au moins (Spicq et Virol, dans Hilaire-Pérez 2016b, p. 257-296).

L'ensemble des systèmes précités se retrouvent dans les théâtres de machines, livres imprimés dont la publication s'étend entre les années 1570 et 1770 et qui présentent une suite de figures en pleines pages, souvent de très belle facture, accompagnées d'une légende et d'un bref commentaire exposant la situation des arts mécaniques au service des royaumes (Brioist, dans Genet et Ruggiu 2007).

Enjeux maritimes et techniques navales

À la fin du XVe siècle, il devient évident que les grands enjeux se joueront désormais sur mer, à bord de navires dont il faut améliorer les capacités et performances. Dompter et maîtriser les mers, cela revient à l'époque moderne à posséder une forme de puissance paroxystique. S'engage donc logiquement, dès le XVIe siècle, en lien avec les grandes découvertes et l'ouverture de routes commerciales mondiales, une « course à la mer », qui passe en grande partie par une course aux savoirs maritimes. Dans ce contexte, les arsenaux deviennent des hauts-lieux politiques et économiques, des pivots de l'innovation technique et de la transmission des savoirs, tout particulièrement dans les pays et cités ayant le plus d'intérêts maritimes (Angleterre, Provinces-Unies, principalement Venise et Gênes en Italie).

Quelques innovations techniques de navigation sont à l'origine et/ou ont des conséquences directes sur l'expansion maritime et terrestre des puissances européennes. Concrètement, le changement de contexte technologique qui permet aux Européens d'amorcer leur phase d'expansion s'avère le résultat de circulations de savoirs *intra* et *extra* européens et de l'émergence de structures politiques, économiques et financières nouvelles. Quelques inventions médiévales s'avèrent déterminantes, ainsi le gouvernail d'étambot, issu d'Europe du Nord, et la boussole, répandue progressivement en Europe à partir du XIIe siècle. Grâce aux géographies arabes et à l'usage de la boussole, les synthèses cartographiques de l'Antiquité sont dépassées dès le XIIIe siècle. Plusieurs écoles cartographiques, formant des navigateurs, ouvrent leurs portes à la fin du Moyen Âge. À la fin du Moyen Âge justement, l'innovation technologique tient à la synthèse de l'ensemble de ces savoirs récupérés et constitués : c'est un aboutissement, et non pas tant une rupture.

En termes de construction des navires, plusieurs défis majeurs apparaissent au début du XVIe siècle. D'abord, l'introduction de l'artillerie à bord des navires pose des problèmes de poids. Ensuite, l'allongement des distances parcourues demande un plus fort tonnage, ne serait-ce que pour les vivres à emmener, mais aussi parce que les équipages et les cargaisons grossissent inéluctablement. Au XVIe siècle, l'artillerie navale reste limitée en nombre et utilisable uniquement dans l'axe du navire. Elle est alors principalement utilisée en Méditerranée, contre les navires de la flotte ottomane et les corsaires. Au début du XVIe siècle, Venise, largement confrontée à la lutte contre les ottomans, lance des recherches sur le développement d'une artillerie proprement navale. Les conclusions de ces recherches amènent à deux innovations techniques : le remplacement des canons en fer par des canons en bronze ; le développement des galéasses, navires assez fins, cumulant rames et voiles, avec un pont isolé pour les canons. Les premières galéasses vénitiennes croisent en Méditerranée dans les années 1540, contre les corsaires. Tout cela a une conséquence : les coûts de production de ces navires dernier cri sont tels que seuls des États peuvent désormais se permettre de les construire et de les entretenir.

À ce titre, les arsenaux deviennent des centres névralgiques de la politique maritime des États, mais aussi de la production et de la diffusion des savoirs scientifiques et techniques liés à la mer. Au XVIe siècle, l'Italie, l'Angleterre et les Pays-Bas/Provinces-Unies apparaissent (avec les arsenaux ibériques) les puissances les plus à la pointe en termes de construction navale, avec un basculement progressif depuis le sud de l'Europe (Italie, Péninsule ibérique) vers le nord (Pays-Bas, Angleterre). Au début du XVIe siècle, Henri VII (1485-1509) et Henri VIII (1509-1547) créent quatre arsenaux en Angleterre : Deptford, Woolwich, Chatham et Portsmouth (dont les travaux commencent en 1497). Ces chantiers navals sont d'une importance d'autant plus grande qu'elle ne s'arrête pas à la construction des navires. En effet, il ne s'agit pas seulement de construire des bâtiments complexes, encore faut-il être en mesure de les piloter et de les utiliser. C'est ainsi que les chantiers se dotent de centre de formation aux différents « métiers » de marin, depuis le pilotage jusqu'à l'usage de l'artillerie.

Quelques éléments pour une histoire comparée des sciences de la Renaissance

Sciences, royauté et institutions savantes en France (XVIe siècle)

À son avènement, François Ier veut se donner d'emblée l'image d'un prince ami des arts et des sciences, sur le modèle italien. Il cherche des voies nouvelles pour une réforme des institutions savantes, en particulier éducatives. François Ier, pas particulièrement savant lui-même, sait s'entourer d'érudits compétents, aptes à l'orienter vers les meilleurs savants de l'époque. Rapidement, ces derniers apportent quelques projets ambitieux sur la table du roi. Ces projets ne naissent pas ex nihilo : ils sont inspirés de ce qu'il se fait ailleurs. Ainsi les collèges humanistes fleurissent dans l'Europe du premier XVIe siècle. En 1517, un collège trilingue est fondé à Louvain, avec pour objectif de remettre à l'honneur la rhétorique et l'étude des textes antiques contre la dialectique, préférée des théologiens. En 1520, Charles Quint octroie des statuts à ce collège. En 1515, Léon X fonde une institution similaire à Rome ; en Espagne, Ferdinand d'Aragon avait fait office de précurseur en fondant un collège trilingue au sein de l'université d'Alcala de Henares, dès 1502. En 1528, Charles Quint approfondit l'œuvre de son aïeul en fondant, au même endroit, le Collège Saint-Jérôme, lui aussi autour d'un projet humaniste. En Angleterre, même chose : Saint John's (1516-20) et le Corpus Christi d'Oxford (1517) sont des institutions henriciennes destinées à l'étude critique des textes anciens, dans leur langue originelle. À côté, le royaume de France apparaît en retrait de cette dynamique européenne, bien que l'humanisme y soit largement éclos, notamment autour de groupes théologiques (groupe de Meaux) et philologiques (groupes formés autour de Guillaume Budé à Paris). L'Université de Paris semble cependant, il faut bien l'avouer, un peu conservatrice sur le sujet, et met des bâtons dans les roues à la plupart des représentants de cet humanisme français. C'est justement cette opposition de la toute puissante Sorbonne qui ralentit, jusque 1530, la création du Collège royal.

C'est finalement une grande catastrophe politique qui relance le projet : la défaite de Pavie et l'emprisonnement de François Ier en Espagne, entre février 1525 et mars 1526. À son retour, François Ier relance les projets les plus fous du début de son règne, que ce soit sur le plan architectural (Chambord, Fontainebleau), artistique (embauche du Primatice puis de Cellini) et, évidemment, scientifique. Dans ce contexte, Guillaume Budé peut donner un nouvel élan à l'entreprise royal. À la fin de 1529-début 1530, les six premiers lecteurs royaux du Collège sont nommés : Jacques Toussain et Pierre Danès pour le grec, François Vatable, Agathias Guidacrius et Paul Paradis pour l'hébreu, O. Finé pour les mathématiques. Le titre des premiers lecteurs royaux est officiellement attaché à l'Université de Paris : pas d'autonomie, ni d'indépendance. En 1532, le roi prend deux mesures supplémentaires : désormais, les lecteurs royaux « ordinaires » sont permanents ; les pensions des lecteurs doivent être payées par l'université de Paris « en attendant plus ample fondation du futur collège ». Au début des années 1530 donc, un projet de bâtiment est bien conçu, mais laissé de côté faute de finances et de volonté politique. Ce bâtiment voit finalement le jour sous Louis XIII, sous le nom de Collège royal des Gaules, mais ne sera achevé qu'à la fin du XVIIIe siècle (Compagnon, Corvol et Scheid 2015, p. 11-26).

Le collège royal oriente dès le début son enseignement vers la lecture critique des textes antiques, mais aussi vers l'étude des sciences mathématiques. Il s'agit de restaurer la rhétorique, mais aussi d'y joindre les quatre arts libéraux majeurs (arithmétique, géométrie, astronomie et musique), abandonnés et négligés dans l'université française. Le projet est fondamentalement pluridisciplinaire, mais aussi pluri-institutionnel, dans la mesure où les professeurs dispensent des cours dans différents collèges, parfois d'un pays à l'autre. Mais sans réel ancrage spatial ni institutionnel (c'est plus ou moins une entité détachée de l'université de Paris), le collège royal semble « condamné » à rester une institution curiale et fragile, sous un régime de faveur plus que dans une position institutionnelle solidement établie. Le roi, mais aussi le maître de sa librairie, apparaissent pendant longtemps comme les uniques défenseurs des lecteurs royaux, face à l'université de Paris, puis face à l'Église post-tridentine.

François Ier est également lié au développement d'une autre « institution » savante : la bibliothèque royale, ancêtre de l'actuelle bibliothèque nationale. Le souverain possède une bibliothèque possède une bibliothèque élargie pour des raisons familiales, à la fois héritée des Valois en ligne directe (celle de Charles V), des ducs d'Orléans et des comtes d'Angoulême. Au début du règne, la bibliothèque, « rangée » à Blois, compte quelques 1600 ouvrages, contre 1900 en 1544 : elle tient donc de l'héritage plus que de l'action politique. Reste que François Ier agit sur l'organisation et participe aux actions de collecte de livres et de manuscrits. Le roi, grâce à Guillaume Budé et Jacques Lefèvre d'Étaples, s'intéresse très tôt à l'édition savante. Ancrés dans une démarche philologique autant qu'éditoriale, ces deux humanistes se créent un réseau intéressant dans les milieux libraires/imprimeurs. Parmi ces derniers, Robert Estienne, fils d'imprimeur lui-même, devient un proche de Lefèvre d'Étaples et un protégé du roi : il est nommé imprimeur du roi pour le grec et l'hébreu. Une partie de l'action de François Ier tient à la modernisation du catalogue de la librairie du roi : il s'agit de ne pas en faire une bibliothèque d'un autre âge. Ce développement de la bibliothèque royale s'axe principalement sur la recherche de manuscrits grecs venus d'Orient. Plusieurs savants sont emblématiques de cette recherche. Ainsi Jean Lascaris, savant grec que pensionnaient déjà Charles VIII (1483-1498) et Louis XII (1498-1515), né à Constantinople, protégé des Médicis et recommandé à François Ier par Léon X, se lit d'amitié à Guillaume Budé et travaille avec lui à l'achat et à la restauration de manuscrits. François Ier envoie également des érudits en Italie, en tant qu'ambassadeurs, avec pour mission d'acheter des manuscrits et de les envoyer en France (cf. Guillaume Pellicier). En parallèle, François Ier consolide la position de Budé en créant la charge de Maître de la Librairie. En 1540, à la mort de Budé, c'est Pierre du Chastel, évêque de Tulle, qui lui succède. Sous les ordres du Maître de la Librairie, un personnel restreint et modeste classe et protège les livres. En 1537,

François Ier fait de sa bibliothèque, avec l'édit de Montpellier, un sanctuaire de l'ensemble des ouvrages imprimés dans son royaume, avec la création du dépôt légal (Balayé 1888).

Au total, le collège et la bibliothèque royaux apparaissent comme des instances proto-officielles, destinées à centraliser et moderniser la production des savoirs scientifiques. Ils correspondent à une double logique, celle d'une volonté politique de prestige par le mécénat littéraire et scientifique, et celle d'une réponse à des demandes d'un entourage humaniste bien implanté à la cour. Dans cette entreprise, François Ier ne se différencie pas particulièrement des autres souverains de l'époque, Lascaris ayant travaillé pour Laurent de Médicis et les papes avant lui ; Henri VIII, outre-Manche, se lance rapidement dans une réforme des collèges universitaires et de développement philologique, comme Charles Quint dans les Flandres et en Espagne. Après la mort de François Ier, ses fils et petit-fils s'attachent à renforcer cette œuvre, en demeurant protecteurs des lecteurs du collège de France, en participant à l'accroissement des collections de la bibliothèque nationale, puis, pour Henri IV (1589-1610), en lançant un projet d'institutionnalisation du collège royal et de dotation d'un bâtiment indépendant. C'est finalement Louis XIII (1610-1643) qui fera avancer cette question.

Une pratique scientifique urbaine et éclatée en Italie et aux Pays-Bas

Au XVe siècle, l'Italie est un agrégat de cités-État indépendantes, assises sur un territoire plus ou moins étendu, mais pour la plupart formées sur une base politique atypique héritée de la période médiévale : le système communal. Le cas politique italien est intéressant en ce qu'il dispose d'un monde foncièrement différent des monarchies française et anglaise, et, même si dans une moindre mesure, des Pays-Bas de l'époque bourguignonne. À l'époque qui nous incombe, on peut résumer la carte politique italienne à cinq États principaux : le royaume de Naples, sur l'ensemble de la partie méridionale de la péninsule ; les États pontificaux, au centre de la péninsule ; la république de Florence, un peu plus au nord ; le duché de Milan, tout à fait au nord de l'espace italien ; la république de Venise, sur la partie la plus septentrionale et orientale, avec une capacité de projection énorme sur la Méditerranée, jusque Rhodes qui est prise par les Ottomans en 1521. Ces cinq États font la pluie et le beau temps sur la péninsule. Il faut leur ajouter des plus petites puissances d'un point de vue géopolitique, mais avec une cour et des institutions scientifiques tout à fait opérationnelles, à Ferrare, Mantoue ou encore Urbino. En prenant en compte ces quelques États, on arrive normalement à comprendre les relations entre eux, qu'elles soient de concurrence, d'alliance ou d'émulation, et on arrive à couvrir l'essentiel du territoire italien de l'époque.

La fragmentation politique de l'Italie médiévale et pré-moderne n'est pas anodine, parce qu'elle se fonde sur une culture poussée de l'expérience politique et un modèle politique (si on peut en trouver un commun) de citoyenneté. Au contraire de ce que l'on pourrait imaginer, l'éclatement politique de l'Italie médiévale est le plus souvent vécue comme une force plutôt que comme une faiblesse. Les penseurs italiens de la fin du Moyen Âge (grosso modo, après Dante) louent tous les cités italiennes comme des sphères de morale civique au sein desquelles la vertu pouvait être perfectionnée. Ainsi en 1377 le chancelier florentin Coluccio Salutati presse-t-il le peuple de Bologne de rejeter l'autorité pontificale et d'embrasser le modèle républicain, dans lequel « marchands et bien guidés » prendraient le tour des offices, comme seule forme libre, pacifique et égalitaire de gouvernement (Najemy 2004, p. 6). À la fin du XVe siècle, ce sentiment de supériorité politique est encore extrêmement prégnant, et il est tout à fait possible et recevable que de concevoir les relations italiennes avec l'extérieur par le prisme d'une sorte de snobisme revendiqué (Smith 1988).

La conséquence de tout cela, c'est le développement d'un modèle scientifique aussi éclaté que le modèle politique, une sorte d'exception italienne, faite du paradoxe entre un éclatement difficile à suivre et une centralisation intra étatique finalement semblable à celle des grandes monarchies européennes.

C'est toujours dans une optique d'émulation et de compétition entre les cités-États qu'il faut comprendre l'histoire des sciences et des techniques en Italie, ainsi que dans la situation de « petits États » qui cherchent nécessairement à faire plus grands qu'ils ne le sont en réalité. La diffusion d'une image de grandeur est en effet un mode de protection géopolitique, une manière de « faire croire » à l'adversaire qu'il n'a pas affaire à un État ridicule !

Aux Pays-Bas, la situation est un tout petit peu plus compliquée. Au début du XVIe siècle, les Pays-Bas sont une union de 17 provinces, placées sous la souveraineté de Charles Quint et qui possèdent chacune des assemblées représentatives, les États, qui se réunissent plusieurs fois par an en présence des représentants du prince. Depuis la fin du Moyen Âge, les villes flamandes et hollandaises ont pris pour habitude de bénéficier d'une relative autonomie, autonomie souvent « officialisée » sous forme de chartes de franchises datant du XIVe siècle. Charles Quint amorce une politique de centralisation pour faciliter le gouvernement de ces terres où il ne peut passer qu'une partie seulement de son temps (il est également Saint-Empereur romain germanique et roi d'Espagne). En 1549, la Pragmatique Sanction promulguées par les États généraux des Pays-Bas lui permet de regrouper les 17 provinces, avec les Flandres et l'Artois, ainsi que la Franche-Comté, dans un même cercle administratif impérial (« cercle de Bourgogne »). Les Pays-Bas bénéficient également d'une relative autonomie sur le plan religieux, les mesures de la paix d'Augsbourg (1555) n'y étant pas réellement appliquées.

Les Pays-Bas sont assez similairement à l'Italie marqués par une forme de Renaissance, artistique mais aussi philosophique. L'humanisme y est particulièrement diffusé, ne serait-ce que par la présence d'Érasme, prince des humanistes et originaire de Hollande. Les échanges culturels avec l'Italie sont assez importants, ne serait-ce que du fait des échanges commerciaux et de la présence des filiales des banques médicéennes dans les grandes villes flamandes. L'humanisme touche surtout les élites bourguignonnes, formées dans les écoles latines. L'humanisme est également enseigné à l'université de Louvain, notamment lorsque le théologien et futur pape Adrien Florisse y enseigne : à Louvain, il fonde un collège trilingue en 1517, sur les conseils d'Érasme, où l'on enseigne le latin, le grec et l'hébreu. Dès 1473, les Pays-Bas sont pourvus de presses efficaces. Parmi une vingtaine de villes équipées, Louvain joue un rôle majeur ; Anvers prédomine jusqu'en 1585, du fait de son réseau commercial et des capitaux qui lui sont afférents (Denys et Paresys 2007).

Et les sciences et techniques anglaises furent : la Big Science *au temps d'Élisabeth Ière*

En Angleterre, un peu avant que François Ier n'applique sa politique de création de collèges à tonalité humaniste, Henri VII (1485-1509), puis Henri VIII (1509-1547) poussent à la fondation de nombreux collèges. À Oxford, le Brasenose College est fondé par Smyth de Lincoln en 1509 ; Fox fonde le Corpus Christi College en 1517, Thomas Wolsey – très proche d'Henri VIII – le Cardinal College, en 1525. On retrouve la même dynamique à Cambridge, autre grand pôle universitaire, avec le Jesus College (1496), le Christ's College (1505) et le St John's College (1511). Plus tard, Henri VIII organise la création du Magdalene College (1542) et la réformation du Trinity College (1546). Ces fondations de collèges attestent d'une grande diffusion de la pensée humaniste et des humanistes eux-mêmes dans les milieux de cour et le cercle restreint autour du roi : Thomas More, puis le cardinal Wolsey, sont des humanistes ayant des charges politiques dans le gouvernement henricien. Wolsey en particulier, puisqu'il joue largement le rôle de mécène, utilisant ses énormes moyens acquis au service de la royauté anglaise pour financer la construction de bibliothèques et l'hébergement de savants dans de très bonnes conditions. Wolsey, dès 1518, est également à la tête de l'université d'Oxford, où il crée un poste de lecteur en grec, puis détache six professeurs pour le fonctionnement du Cardinal College. Rapidement, et a fortiori après le passage d'Érasme en Angleterre, les langues anciennes font leur apparition dans les universités et les collèges. Le roi crée également de nombreuses chaires, pour des disciplines jusque là peu ou pas représentées. Ainsi en

1540 il fonde cinq chaires à Cambridge en divination, en droit civil, en physique, en Hébreu et en Grec, chacune dotée d'un salaire confortable de 40£ par an. À Oxford, une chaire de théologie, une autre de médecine, également du droit civil, de l'Hébreu et du Grec, font leur apparition en 1546. La théologie est alors en pleine réforme en Angleterre : le schisme anglican est passé par là. Après le schisme anglican de la première moitié des années 1530 justement, se pose la question de l'existence des universités, et sous quelles conditions : après tout, elles dépendaient jusque là de l'Église, comme l'ensemble ou presque des universités européennes. La solution trouvée par Henri VIII est assez simple : les universités sont placées sous la juridiction des archevêques, eux-mêmes des proches et redevables du roi. Autrement dit, les années 1530-1540 sont celles d'une proto-étatisation des universités anglaises (Mackie 1988, p. 569-577).

Le développement d'une réelle politique scientifique anglaise se fait dans la seconde moitié du XVIe siècle, en grande partie pour des raisons politiques et stratégiques. C'est à Deborah Harkness que l'on doit récemment une étude d'envergure sur la période élisabéthaine comme cœur chronologique (et spatial) de la révolution scientifique anglaise. En gros, grâce aux bases données par Henri VIII et ses ministres, Elisabeth et William Ceci peuvent lancer le mouvement et faire rentrer l'Angleterre dans la « modernité scientifique » : Deborah Harkness parle de « Big Science » élisabéthaine, en référence aux politiques militaires britanniques de l'entre-deux-guerres.

Au cours de l'hiver 1577, William Cecil, ministre et très proche d'Elisabeth Ière, tient un meeting clandestin à Londres avec un marchand et alchimiste vénitien du nom de Giovan Battista Agnello. Agnello s'est établi à l'est de la capitale, avec de nombreux étrangers ; il y a établi son lieu de travail et ses réseaux. Expérimentaliste dévoué, Agnello avait déjà publié un ouvrage en 1566 sur les liens entre alchimie et spiritualité, *La révélation de l'Esprit Secret*. La discussion entre les deux hommes porte sur une petite pierre noire ramenée du nouveau monde, passée dans les mains de plusieurs investisseurs et voyageurs. Passée dans le feu puis nettoyée à l'eau claire, la pierre brille comme de l'or. Cecil veut éclaircir le mystère, d'où sa présence auprès d'Agnello : la reine a trop besoin d'or pour financer sa politique extérieure, et la piraterie atlantique contre les galions espagnols ne suffit pas toujours. Cecil est un homme de raison : dès qu'il a su pour cette mystérieuse pierre, il s'est mis en quête d'information, recoupant ce qu'il voit et entend ça et là.

Cette anecdote, c'est l'essence même de la « Big Science » élisabéthaine : il s'agit d'enrichir l'Angleterre par l'utilisation des sciences et des techniques. La reine d'Angleterre a un grand intérêt dans la promotion de ce qu'elle décrit comme « toutes les bonnes sciences et sages inventions qui tendent au bénéfice du bien commun de notre royaume ». La Big Science, c'est un intérêt politique pour le financement et le développement de la navigation, de la métallurgie, des technologies militaires de défense, du calcul des risques monétaires et autres utilisations de machines. Cette Big Science implique le financement parfois impressionnant d'activités scientifiques prometteuses, celles d'hommes à projets ou bien des commandes politiques directes, fussent-elles de Cecil ou de la reine en personne. Mais la Big Science élisabéthaine, c'est aussi quelque chose au-delà : c'est un état d'esprit global, infusé dans la société marchande et financière, que l'investissement scientifique peut permettre, à plus ou moins long terme, un retour économique important. La Big Science, c'est la croyance en la science comme investissement économique rentable. C'est un projet global, qui amène au financement de projets d'envergure – certains plus techniques, d'autres très militaires, l'embauche de main d'œuvre peu qualifiée sous le commandement d'une élite urbaine, passée par l'université et/ou les champs plus classiques de l'aristocratie. La Big Science, c'est donc un projet économique et social d'envergure, une certaine vision du développement économique, avec la science et les techniques comme clé(s) de voute.

William Cecil, « savant amateur », est aussi à l'origine de mutations dans la manière même de concevoir les savoirs, notamment l'histoire naturelle. Conscient du grand décalage entre les penseurs

médiévaux et les explorateurs modernes qu'il rencontre le long de la Tamise, Cecil se met à réfléchir à un moyen d'élargir la tribune et le public des scientifiques, ne serait-ce que par une production scientifique plus collégiale. La reine quant à elle est certainement beaucoup moins intéressée par le fond des choses. Elle n'est pas totalement désintéressée de l'histoire naturelle, mais pense surtout au rôle politique du « patronage » comme moyen de se mettre en valeur. C'est par des interférences politiques que le patronage élisabéthain se met en place. William Cecil en est le principal intermédiaire : officiellement, ce n'est donc pas la reine, mais son principal ministre, qui touche à des affaires scientifiques, parfois brûlantes comme les recherches de Galilée à la cour de Florence, à travers toute l'Europe. Ce style de patronage typiquement élisabéthain est très différent de celui de ses contemporains continentaux. Cette Big Science élisabéthaine fonctionne selon une grande chaîne de patronage, plus ou moins lâche selon les maillons, laissant donc une certaine marge de liberté aux patrons indirects comme Cecil.

L'un des scientifiques « bénéficiaires » et emblématiques de cette Big Science élisabéthaine, c'est John Dee (1527-1608). John Dee est mathématicien, physicien et astrologue, alchimiste et même ambassadeur à ses heures. Après avoir pas mal voyagé durant ses études et refusé une chaire de professeur de mathématiques à la Sorbonne (1551), puis à Oxford (1554), c'est auprès de la couronne qu'il s'attache. À la cour, John Dee donne des cours de mathématiques aux courtisans et aux navigateurs. Il devient conseilleur et astrologue de Marie Tudor, activité qui lui vaut d'ailleurs un séjour en prison, accusé de pratiquer la magie. Dès 1558, Dee est nommé conseiller scientifique et médical d'Elisabeth Ière, s'établissant à Mortlake, près de Londres, où il se constitue une immense bibliothèque privée, de plus de 4000 volumes. Depuis Mortlake, il contribue à la diffusion de ses savoirs, prépare personnellement de nombreux capitaines et pilotes en leur apprenant les maths appliquées à la navigation, en leur préparant des cartes et en leur fournissant des instruments de navigation. Il se fait d'ailleurs l'avocat d'un vaste empire britannique dans *Perfect Arte of Navigation* (1580).

Quels sont les impacts politiques immédiats de cette politique de « Big Science » ? Dans *Power, Knowledge and Expertise in Elizabethan England*, Eric Ash argumente l'idée d'une politique de défense militaire face à l'Espagne essentiellement tenue à coups d'expertises scientifiques. En gros, dès les années 1580, ce serait grâce à la proximité avec les milieux scientifiques et techniques qui sont installés le long de la Tamise que s'établit la mise en défense de l'Angleterre face aux navires espagnols. Au-delà des considérations techniques, il est intéressant de regarder cet argumentaire historique comme le témoin d'une évolution rapide et considérable : à la fin des années 1580, ces marchands-techniciens ont acquis, si l'on suit la théorie d'Eric Ash, une influence politique majeure. C'est la naissance d'une classe technocratique, capable de fabriquer des projets et d'impulser des politiques, qui est le véritable objet de cet ouvrage ! L'exemple criant de cela, c'est l'art de la navigation. Le pilote traditionnel, celui qui connaît le terrain et se sert de son expérience du terrain, laisserait place au navigateur, celui qui utilise des instruments astronomiques et des techniques mathématiques, celui qui est capable de conceptualiser la terre comme une surface géométrique uniforme. En Angleterre, le pilote laisse donc place à l'expert.

Pour conclure cette première partie : autour des débuts de la République des Lettres

La République des lettres, il faut d'abord la définir. Elle désigne à la fois un idéal et une réalité, renvoyant à une représentation autogénérée des savants autant qu'à un réseau effectif de relations entre lettrés, artistes, hommes de l'écrit et hommes de métier, hommes de science et hommes de pouvoir. La séparation entre les éléments constitutifs de la république des Lettres est essentiellement sociale : dans une certaine mesure, la république des lettres est une société dans la société, qui a ses propres codes mais reproduit les codes et les hiérarchies de la société dans son ensemble. Entre les deux univers, il y a des circulations, des hybridations. Entre les univers internes à la république des Lettres, il y a des liens parfois inattendus, ainsi entre lettrés et praticiens des ateliers. Des rencontres inattendues donnent lieu à de belles histoires et de beaux exemples, ainsi Machiavel et Léonard de Vinci (Belhoste 2016, p. 70). La République des lettres doit avant tout être considérée comme une aspiration commune à tous les lettrés, matérialisée par l'entretien de correspondances et de liens plus ou moins denses. Dans cette république, une forme de citoyenneté existe, régulée en interne par de nombreux principes éthiques. Être citoyen de la république des lettres, c'est se consacrer à l'étude et au service du bien commun, adhérer à une philosophie particulière, fondatrice d'un nouveau mode de vie (Van Damme 2015, p. 49). Cette citoyenneté et ce but confirme la pensée socio-historique de Norbert Élias et de sa *Civilisation des Mœurs*. Le but de l'humanisme se confond avec la but des républicains des lettres : il s'agit d'orienter le comportement de l'homme en société, de codifier l'intégralité des conduites sociales. Les mots de Castiglione sur la courtisanerie ne font en réalité que cacher une culture de cour et une production littéraire largement tournée vers la civilité et le comportement à adopter en société. L'imaginaire collectif de la cour au XVIIe siècle, à l'époque de Louis XIV, il vient de là, il en est le résultat. Intellectuellement, la république des lettres fait l'apologie du savoir, d'un savoir accessible, potentiellement en dehors des murs fermés de l'université. La république des lettres, si elle ne doit pas être opposée radicalement au « vieux » système des savoirs, se construit dans l'optique de sa transformation, dans l'optique d'une ouverture (Mazauric 2009, p. 92). Dans cette république des lettres, dès la Renaissance, l'un des marqueurs tient à la place nouvelle des langues vernaculaires, qui remplacent un latin symbole de l'érudition universitaire. Le français, plus tard, devient la langue majoritairement utilisée par ces hommes (Van Damme 2015, p. 49).

À la Renaissance, la république des lettres fonctionne comme un idéal-type, qui rassemble des savants de nationalités diverses, du fait de la dispersion de son aire géographique : elle naît en Italie, avant d'atteindre la France, les Pays-Bas, l'Angleterre, le Saint-Empire Romain Germanique. La république des lettres, c'est un système réticulaire qui met en lien les différents espaces du programme, les différents personnages. Dans la première moitié du XVIe siècle, un humaniste comme Érasme passe plusieurs heures par jour à écrire des lettres, envoyées un peu partout en Europe. Depuis les Pays-Bas, Érasme touche toute l'Europe. Cette diversité géographique est intéressante, en ce qu'elle implique une diversité culturelle, sociale, politique. Pour Érasme, ses liens avec les tenants de la Réforme ont des répercussions importantes sur la pensée de son temps. Sur le plan social, la république des lettres rassemble des aristocrates fortunés, des membres (tout aussi fortunés) de la bourgeoisie urbaine, des médecins, des savants d'origine plus modeste ; elle connecte aussi de purs techniciens aux milieux intellectuels, ainsi l'imprimeur Alde Manuce à la fin du XVe siècle, qui, depuis Venise, correspond avec une grande partie des humanistes italiens de son temps. Dans une société extrêmement hiérarchisée et souvent imperméable, la république des lettres a ceci d'intéressant qu'elle provoque un sentiment d'appartenir à une seule et même communauté, phénomène constituant une exception remarquable. Il faut cependant nuancer un peu cette vision utopiste de la république des lettres, à la quasi-unanimité composée des membres les plus aisés des sociétés, les plus éduqués : pas de paysans parmi les intellectuels. Autre point intéressant, la république des lettres ouvre indéniablement ses postes aux femmes, parfois même aux enfants, ainsi Blaise Pascal qui fait ses premières apparitions dans les académies parisiennes à douze ans.

Leur présence cependant est ponctuelle, voire exceptionnelle, ne serait-ce qu'en raison des obstacles sociaux qui s'opposaient à l'accès des femmes au savoir, en tête l'interdiction pour elles de suivre les cours à l'Université (Mazauric 2009, p. 89-91).

Le commerce épistolaire est un moyen intéressant d'entrer dans la république des lettres. Les réseaux servent à consolider des protections et des solidarités, qui existent déjà le plus souvent ; la lettre est également un moyen de demander des recommandations, de se faire introduire. La lettre, à la Renaissance, c'est un *pass*, une carte d'accès. Pour entrer dans la carrière de savant, il est nécessaire d'écrire des lettres, de s'assurer des protecteurs, des mécènes, de montrer son acceptation des codes hiérarchiques (il faut toujours analyser les formules de politesse utilisées, le ton). Quelque part, la république des lettres, c'est un aussi un réseau professionnel, avec tout ce que cela implique (Belhoste 2016, p. 73).