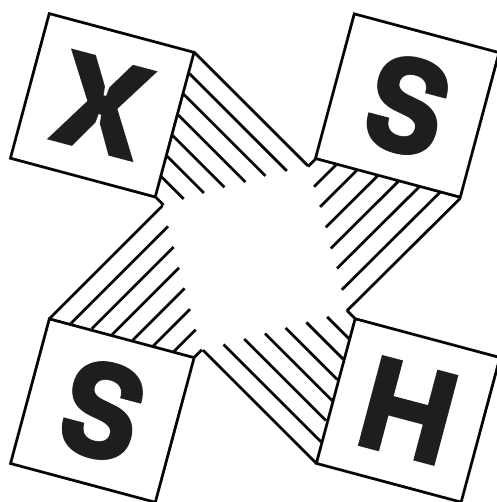
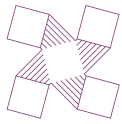


**Association
X-Sciences de l'Homme et de la Société
(X-SHS)**

**Un éclairage et une mise en relief
des enjeux d'adaptation de
l'enseignement et de la recherche
de l'Ecole au XXI^{ème} siècle**

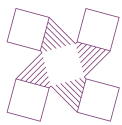


Michel Paillet
Président de X-SHS



Sommaire

1	Une lecture des enjeux et du contexte de l'Ecole	3
1.1	La genèse de la communauté polytechnicienne	3
1.2	Les racines de la formation polytechnicienne : la science dite « dure »	3
1.3	La marque durable du positivisme : la distinction entre sciences « dures » et sciences « molles »	4
1.4	Un contexte d'anthropocène maintenant perçu comme complexe	6
1.5	Enjeux pour l'école polytechnique	8
2	Une esquisse de vision : une lecture des qualités requises pour agir et penser dans un contexte d'anthropocène	9
3	Une esquisse de chemins : inscrire l'Ecole dans un système cyclique des sciences	10
3.1	L'émergence et la montée en puissance de paradigmes régénérés	10
3.2	Conception d'un système spiralé des sciences plus convaincant	11
3.3	La dynamique des sciences	11
3.4	Inscrire l'Ecole dans le courant du système cyclique des sciences	12
3.5	Perspectives	13



1 Une lecture des enjeux et du contexte de l'École¹

1.1 La genèse de la communauté polytechnicienne

L'approche dite « cartésienne », héritière du syllogisme parfait² selon Aristote, puis le siècle dit « des lumières »³ ont contribué à un glissement de paradigme dans le rapport de l'homme au monde. La révolution française peut être conçue comme inspirée par ce mouvement.

Dans le contexte de crise générale générée par la Révolution française, toutes les universités étaient fermées. Le pays avait besoin de nouvelles infrastructures. Afin de faire face à la pénurie d'ingénieurs et de cadres supérieurs, quelques savants ont décidé en 1794 d'organiser une nouvelle « École centrale des travaux publics ». Cette école est renommée « École polytechnique » un an plus tard. Et Napoléon décide de militariser l'École dès 1804.

L'école polytechnique est depuis lors fortement liée au devenir de la France. La maîtrise de la connaissance scientifique et technique est reconnue pleinement comme constituant un enjeu de défense nationale. L'École institutionnalise la formation des élites françaises qui vont former les grands corps techniques de l'État.

1.2 Les racines de la formation polytechnicienne : la science dite « dure »

1.2.1 La tentation du positivisme intégriste

Le positivisme est la formalisation par Auguste Comte (lui-même étant polytechnicien) des racines épistémologiques des sciences et des techniques enseignées à l'École.

Dans sa version pure, le positivisme introduisait une croyance exclusive, voire intégriste :

- Dans l'expérimental
- Dans l'existence de lois exactes de la nature
- Dans l'usage d'une rationalité exigeante de tiers exclu

Cette croyance était suffisamment forte pour qu'à l'époque, il y ait eu l'émergence de ce qu'Auguste Comte n'hésitait pas à appeler une « religion » positiviste.

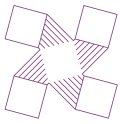
1.2.2 L'inflexion du statut accordé à la science

Le positivisme dans sa version pure n'a pas beaucoup survécu à Auguste Comte. Il a été dépassé pour deux grandes raisons essentielles :

¹ Ce document présente certaines racines du projet de l'association X - Sciences de l'Homme et de la Société (X-SHS), Depuis son lancement en 2012, X-SHS totalise début 2022 plus de **70 conférences** organisées, **2200** abonnés et **214 000 vues** sur notre chaîne YouTube.

² « J'appelle syllogisme parfait celui qui n'a besoin de rien d'autre que de ce qui est posé dans les prémisses, pour que la nécessité [de la conclusion] soit évidente ; et syllogisme imparfait, celui qui a besoin d'une ou de plusieurs choses, lesquelles, il est vrai, résultent nécessairement des termes posés, mais ne sont pas explicitement énoncées dans les prémisses. »

³ Mouvement philosophique, littéraire et culturel bourgeois que connaît l'Europe du xviii^e siècle (de 1715 à 1789) et qui se propose de promouvoir le rationalisme, l'individualisme et le libéralisme, contre l'obscurantisme et la superstition de l'Église catholique et contre l'arbitraire de la royauté et de la noblesse, avec pour modèle la philosophie empirique, l'économie libérale et la monarchie constitutionnelle anglaise.



- L'exclusivité accordée à l'expérience pour recueillir des données sur le monde conduisait à l'élimination de tout travail d'induction et de toute expérience de pensée
- L'acceptation d'une ontologie de lois purement externes affirmées comme présentes dans la nature réduisait la science à un travail de lecture attentive et de dévoilement des lois sous-jacentes aux phénomènes naturels

La réalité vécue des chercheurs est qu'ils font manifestement appel à l'induction, à l'imagination et à la modélisation comme partie intégrante de leur processus de recherche et d'investigation. A l'épreuve du temps, la science moderne s'est infléchie au regard de l'intégrisme positiviste. La science n'est plus considérée comme une lecture du livre de la nature. Les scientifiques ont fait rentrer dans le domaine de l'acceptable :

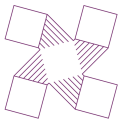
- Le principe d'élaboration de modèles et de théories purement abstraites détachées de l'expérimentation.
- Un jugement sur la valeur des constructions théoriques rapporté essentiellement à la qualité des prédictions qui s'en déduisent pour l'action, en délaissant toute référence à une « vérité » absolue qui n'a de sens que par rapport à une ontologie positiviste de l'Objectivité qui serait garante du scientifiquement vrai.
- L'existence d'une connaissance portée par l'utilisateur élaborant la réponse à ses propres interrogations au travers d'une approche d'enquête heuristique pragmatique. De ce fait, une reconnaissance dans une certaine mesure, des apports de la compréhension et de l'interprétation.

1.3 La marque durable du positivisme : la distinction entre sciences « dures » et sciences « molles »

1.3.1 La marque durable du positivisme

Si le positivisme dans sa version intégriste a de fait été abandonné, il a profondément inspiré et sa marque demeure en profondeur dans l'imaginaire.

Le Tableau synoptique du cours de philosophie positive (1830) d'Auguste Comte est toujours la base de l'Organisation du système des sciences actuels. L'émergence du concept de « disciplines » inspiré par ce système s'effectue à partir de la fin du XIX^e. La conception du système des sciences en disciplines est encore prédominant dans les formations scientifiques malgré les appels à diverses formes d'interdisciplinarité.



TABEAU SYNOPTIQUE DU COURS DE PHILOSOPHIE POSITIVE DE M. AUGUSTE COMTE

Léçons		Léçons		Léçons	
PRÉLIMINAIRES GÉNÉRAUX 2					
1 ^o Exposition du but de ce cours, et considérations générales sur la nature et l'importance de la philosophie positive.					
2 ^o Exposition du plan, et considérations générales sur la hiérarchie des sciences positives.					
Considérations philosophiques sur l'ensemble de la science mathématique 1					
MATHÉMATIQUE 10	Considérations générales sur	le calcul 6	1 ^o Vue générale de l'analyse mathématique 1		
		la géométrie 5	2 ^o Du calcul des fonctions directes 1		
	la mécanique rationnelle 4		3 ^o Du calcul des variations 1		
			4 ^o Du calcul aux différences finies 1		
			5 ^o Du calcul aux différences infinies 1		
			1 ^o Vue générale de la géométrie 1		
			2 ^o De la géométrie des anciens 1		
			3 ^o Conception fondamentale de la géométrie analytique 1		
			4 ^o De l'état générale des lignes 1		
			5 ^o De l'état générale des surfaces 1		
		1 ^o Des principes fondamentaux de la mécanique 1			
		2 ^o Vue générale de la statique 1			
		3 ^o Vue générale de la dynamique 1			
		4 ^o Théories générales de mécanique 1			
Considérations philosophiques sur l'ensemble de la science astronomique 1					
ASTRONOMIE 9	Considérations générales sur	l'astronomie géométrique 4	1 ^o Exposition générale des méthodes d'observation 1		
		l'astronomie mécanique 3	2 ^o Etude des phénomènes géométriques élémentaires des corps célestes 1		
			3 ^o De la théorie du mouvement de la terre 1		
			4 ^o Des lois de Kepler 1		
			5 ^o De la loi de la gravitation universelle 1		
			2 ^o Appréciation philosophique de cette loi 1		
			3 ^o Explication des phénomènes célestes par cette loi 1		
Considérations sur la cosmologie positive 1					
Considérations philosophiques sur l'ensemble de la physique 1					
PHYSIQUE 9	Considérations générales sur	la barologie 1	1 ^o Etude expérimentale des phénomènes de la chaleur 1		
		la thermologie 2	2 ^o Théorie mathématique de ces phénomènes 1		
	l'aérodynamique 2		l'optique 2		
			l'acoustique 2		
			l'électrologie 2		
Considérations générales sur l'ensemble de la chimie 1					
CHIMIE 6	Considérations générales sur	la chimie inorganique 3	1 ^o Tableau général de la chimie inorganique 1		
		la chimie organique 2	2 ^o De la doctrine des proportions définies 1		
Considérations philosophiques sur l'ensemble de la science physiologique 1					
PHYSIOLOGIE 12	Considérations générales sur	la structure et la composition des corps vivants 1			
		la physiologie végétale 2			
		la physiologie animale 3			
		la physiologie intellectuelle et affective 1	1 ^o Examen des anciennes théories 2		
			2 ^o Exposition des théories positives 2		
SCIENCE DES CORPS ORGANISÉS					
PHYSIQUE SOCIALE OU SOCIOLOGIE 15	Introduction 2	1 ^o Considérations générales sur la nécessité et l'opportunité de la physique sociale 1			
		2 ^o Examen des principales tentatives entreprises jusqu'ici pour la fonder 1			
		3 ^o Des caractères de la méthode positive, appliqués à l'étude des phénomènes sociaux 2			
Méthode 2	1 ^o Des relations de la physique sociale avec les autres branches de la philosophie naturelle 1				
		2 ^o Des relations de la physique sociale avec les autres sciences de la philosophie naturelle 1			
Science 10	1 ^o Considérations sur la structure générale des sociétés humaines 1				
		2 ^o Les principes fondamentaux du développement de l'espèce humaine, considérés dans son ensemble 1			
		Etude historique de la marche de la civilisation	Epoque théologique (Fétichisme)		
			Epoque métaphysique (Polythéisme)		
			Epoque positive (Monothéisme)		
RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSION 3					
1 ^o Résumé de la méthode positive.					
2 ^o Résumé de la doctrine positive.					
3 ^o Avenir de la philosophie positive.					

Figure 1: le tableau synoptique du cours de philosophie positive

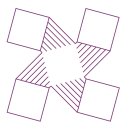
L'essor technique et scientifique au XIX et XX^{ème} siècle a largement démontré sa puissance et son utilité. Il a très profondément transformé nos modes de vie et il s'étend à la planète entière. Cet essor est largement associé à ce système disciplinaire des sciences marqué par le positivisme. Plus les sciences ont des protocoles qui suivent les préceptes du positivisme et plus elles sont qualifiées de « dures ».

L'idée que le langage formel mathématique constituait le langage pour décrire le monde est également restée puissamment ancré. A la suite de l'énoncé des problèmes de Hilbert, le début du XXI^{ème} siècle a été caractérisé par plus de 30 ans d'un vaste effort de refondation des mathématiques visant à établir un langage formel complet et cohérent. A l'époque, les chercheurs y croyaient. Il aura fallu qu'à force d'échec, Gödel démontre au contraire l'impossibilité d'y parvenir.

Conjointement à ces efforts, se manifestait dans la science physique des phénomènes qui remettait en cause les croyances racines de nos cadres de pensée. Ils allaient conduire à l'émergence de la mécanique quantique, qui remettait en cause les croyances du positivisme en l'indépendance de l'observateur vis-à-vis des phénomènes observés et en l'existence de loi exacte et déterministe de la nature, tout en semblant confirmer la toute-puissance des approches théoriques et du langage formel mathématique.

1.3.2 Un bouillonnement jugé à l'aune d'un arrière-plan positif

Nous connaissons depuis les années 1930-40 un bouillonnement de disciplines (avec son cortège de théories, modèles, démarches et méthodes), sans que nous n'ayons pu régénérer les postulats fondateurs de la science ainsi remise en cause. Si les techniques quantiques ont considérablement progressé, la théorie formelle de la physique quantique n'est toujours pas intelligible et son ontologie se dérobe. Elle reste enseignée comme un modèle formel mathématique dont le pouvoir prédictif est très fort. Les questions ontologiques et épistémologiques que la physique quantique soulève ne sont pour autant pas résolues. Si elle est de ce fait un terrain de prédilection pour tous les mysticismes spéculatifs, elle ouvre aussi une voie potentielle pour le développement de sciences en recherche d'enracinement régénéré autour des concepts d'informations, de phénomènes, ou encore de modèles.



En marge des sciences dites « dures » du point de vue positif, nous avons vu se développer depuis cette époque de nombreuses sciences *perçues de ce point de vue* comme « molle ».

L'épistémologie positive identifiaient et enracinaient dans ses hypothèses fondatrices un ensemble de sciences dites « dures » du fait de cet enracinement. En tant que ces sciences produisent des procédures formelles de traitement qui constituent des heuristiques efficaces, elles ont été, sont et seront des moyens utiles à notre disposition.

Les sciences émergentes dites « molles » s'attaquent à des questions utiles et pertinentes pour les hommes que les sciences dites « dures » ne sont pas en mesure de soulever. Ce sont des sciences qui sont identifiées par leur projet plutôt que par leur objet (sciences de gestion, sciences de conception, ...).

Il demeure dans l'inconscient collectif cette idée latente et confuse que certaines sciences sont plus « vraies » que d'autres et que la description mathématisée est la seule garante d'une « vérité ». Qualifier des sciences de « molles », c'est implicitement les considérer depuis le seul prisme positif, comme si ce dernier était le seul à pouvoir édicter le critère du « vrai » d'une connaissance. Procéder ainsi est au fond une exclusion et une négation fondée sur une position qui se veut absolue.

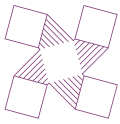
Ces sciences émergentes échafaudent progressivement des enracinements épistémologiques régénérés qui légitiment d'autres façons de construire la connaissance et d'autres critères de scientificité. Il serait plus donc adéquat de parler de « sciences douces ». Leur légitimité est encore contestée mais elle est aussi fortement argumentée. Les discussions sont particulièrement vives en biologie, à la frontière de la matière et du vivant⁴. Il serait plus adéquat pour distinguer ces disciplines de parler de sciences fermentes qui se définissent par leur objet et de sciences ouvrantes qui se définissent par un projet. Si nous quittons une position absolue, alors les procédures formelles et algorithmiques de traitement des sciences dites « dures » se prêtent à une relecture en tant qu'heuristique qui se révèle efficace pour son objet.

1.4 Un contexte d'anthropocène maintenant perçu comme complexe

Les acteurs de la société (Dirigeants, Pouvoir public, Représentant patronaux et syndicaux, Organisation non gouvernementale,...) font face un contexte que nous pouvons qualifier de façon générale d'anthropocène⁵. Dans l'acception sociale de ce terme, il s'agit de la prise de conscience

⁴ François Jacob rappelle dans «La Logique du vivant » à la fois que « ...reconnaître l'unité des processus physico-chimiques au niveau moléculaire, c'est dire que le vitalisme a perdu toute fonction. En fait depuis la naissance de la thermodynamique, la valeur opératoire du concept de vie n'a fait que se diluer et son pouvoir d'abstraction que décliner. On n'interroge plus la vie dans les laboratoires. On ne cherche plus à en cerner les contours. On s'efforce seulement d'analyser des systèmes vivants, leur structure, leur fonctionnement, leur histoire » mais aussi que «...mais on ne peut plus faire de la biologie sans se référer constamment au « projet » des organismes, au sens que leur donne leur existence même, à leurs structures et leurs fonctions ». François Jacob amorçait là un vrai questionnement philosophique qui cherchera une réponse dans le concept d'intégron, l'unité constituée par l'intégration de sous-unités, d'intégrons de niveau inférieur. Il s'agit là d'une caractérisation essentielle du vivant autour d'éléments organisationnels discrets formant une unité assurant l'intégration des éléments matériels du niveau inférieur, et canalisant leurs interactions.

⁵ Le terme d'Anthropocène, qui signifie « l'Ère de l'humain », est une proposition d'époque géologique qui commencerait lorsque l'influence de l'être humain sur la géologie et les écosystèmes est devenue significative à l'échelle de l'histoire de la Terre. Il a été popularisé à la fin du xxe siècle par le météorologue et chimiste de l'atmosphère Paul Josef Crutzen, prix Nobel de chimie en 1995 et par Eugene Stoermer, biologiste, pour désigner selon eux une nouvelle époque géologique, qui aurait débuté selon eux à la fin du xviii siècle avec la révolution industrielle, et succéderait ainsi à l'Holocène. Soulignons que le concept fait encore débat en soi. Si l'Anthropocène



croissante que l'action humaine individuelle, considérée dans sa dimension collective, est contrainte par la planète elle-même, ce qui engendre des rétroactions perçues comme négative à cette échelle globale. Là où l'action locale s'exerçait sans avoir à prendre en compte ces rétroactions perçues comme négligeables, puis s'exerçait en constatant des « externalités » formant des sous-produits d'un produit principal, les acteurs de la société prennent de plus en plus conscience que ces approximations ne sont plus tenables au regard des enjeux et qu'il est nécessaire de les prendre en compte.

La prise en compte des effets globaux d'une action locale et de la rétroaction de ces effets globaux sur le niveau d'échelle local est une des caractéristiques définitionnelles de ce qui est dénommé un phénomène « complexe ».

Les approches positivistes de la connaissance se sont révélées extraordinairement fécondes au cours des trois derniers siècles. Les techniques scientifiques développées notamment dans les sciences de la matière ont été la source d'un développement qui n'a pas eu de précédent dans l'histoire de l'humanité.

Les approches des sciences dites « dures » montrent toutefois des limites dans l'appréhension et la maîtrise des rétroactions multi-échelle et multi-horizon, des phénomènes d'émergence et d'autonomie des systèmes perçus de ce fait comme complexe. C'est tout particulièrement le cas des collectifs humains eux-mêmes. Le père du concept de complexité a abondamment démontré les failles et les insuffisances des approches inspirées par le positivisme pour rendre compte de ces phénomènes. Les méthodes et les techniques inspirées par une approche encore marquée par le positivisme - encore largement dominante dans l'enseignement technique et scientifique actuel - se révèlent de plus en plus inadaptées pour appréhender la complexité perçue des phénomènes auquel nous avons aujourd'hui à faire face à l'ère de l'anthropocène.

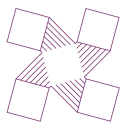
Parmi les limites radicales de ces approches, nous pouvons notamment relever que :

- Elles éliminent le sujet et conjointement la question du pourquoi, de l'intention et de la finalité.
- Elles ne prennent pas ou peu⁶ en compte la singularité des acteurs qui diffèrent entre eux, dont la cognition est limitée et singulière, qui chacun s'efforce en fonction de ses capacités de donner un sens à la situation à laquelle ils sont confrontés, qui explorent, réagissent et changent constamment leurs actions et leurs stratégies en fonction de ce qu'ils perçoivent du résultat co-généré par les actions de chacun. L'équilibre y est une utopie⁷ qui résulte d'équation réductrice. Il n'y apparaît pas comme une régularité émergente, contingente, locale et temporaire.

est un concept de plus en plus utilisé dans les médias et la littérature scientifique, il est toujours discuté par la communauté scientifique géologique qui détermine les subdivisions de l'échelle des temps géologiques car il constitue une rupture avec les qualifications des ères géologique précédente fondées strictement sur des critères géophysiques.

⁶ Il y a de nombreux champs de sciences « dures » qui fournissent des heuristiques éclairantes sur ces aspects (dynamique de système, théorie des jeux, optimisation sous contraintes) et des sciences plus contestées fondées sur la computation (simulation multi-agent, simulation dynamique de système, ...).

⁷ L'équilibre parfait de Walras en science économique - avec ses agents rationnels qui ont une connaissance parfaite de tout ce qui se passe dans l'univers - est une excellente illustration des utopies abstraites que peut produire la science « dure » quand elle s'efforce de modéliser ce qui relève de la dynamique des systèmes d'action collective. C'est séduisant pour l'esprit mais non enraciné dans l'observation quotidienne des façons dont chacun agit et prend ses décisions.



De façon générale, *ce qui n'est pas vu* par les sciences dites « dures » est *le voyant*. A leur racine, elle dénie l'intention et le projet qui préside à toute recherche.

L'inadéquation des outils (au sens large) dont les acteurs de la société disposent pour se rendre intelligible et faire face aux enjeux auxquels nous avons à faire face engendre des dissonances profondes, un désarroi certain et une importante souffrance humaine. Les réductions et les abstractions majoritairement utilisées aujourd'hui tendent à réduire l'homme à un instrument. Nous observons un manque de capacité à penser et à relier ce qui est disjoint par les disciplines afin d'argumenter au cœur des organisations et à leur tête, le lien entre les composantes de toute l'organisation, et notamment l'homme lui-même en tant qu'il est une source, et non une ressource.

1.5 Enjeux pour l'école polytechnique

1.5.1 Une description générale de l'élite

Étymologiquement, l'acception de l'élite superpose les notions de meilleur et d'élection. Elle pré-suppose des dimensions à l'aune desquelles les hommes sont mesurés. Ils sont plus ou moins ceci ou cela. A l'aune de ces dimensions, une certaine partie de la population est perçue comme dotée de qualité jugée supérieure aux autres. Le terme d'élite désigne alors cette partie au sein du tout qui se distingue. Soulignons qu'en fonction des dimensions choisies, nous pouvons désigner des parties très différentes au sein d'une même population.

En pratique, cette relativité de l'élite aux dimensions choisies pour la mesurer est le plus souvent obliérée. L'élite désigne alors la minorité qui dans toute société est considérée comme supérieure et à ce titre exerce le pouvoir et concentre les ressources matérielles et symboliques.

Ces dimensions font le plus souvent l'objet d'une reconnaissance et d'une acceptation tacite au sein de la société, au moins tant que la majorité 'non élue' est en paix avec l'inégalité de pouvoir qui en résulte, ressentie et jugée nécessaire et bénéfique à l'ordre social. Lorsque cette majorité entre en dissonance avec cette situation, les sentiments éprouvés vis-à-vis des élites tendent à glisser de l'admiration, de l'envie, de la protection à un sentiment d'usurpation et d'injustice.

1.5.2 La nécessité et la difficulté de régénérer la vision des « grandes écoles »

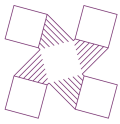
Il semble que toutes les sociétés instaurent de façon plus ou moins explicite des différences entre ses membres et une logique d'identification, de sélection et de formation de ceux qui seront considérés comme les « élus ».

La délibération consciente et argumentée sur les dimensions choisies pour mesurer et juger de l'élite est nécessaire dès lors qu'il s'agit de proposer une vision pour les « grandes écoles ».

Cette délibération est rendue difficile pour au moins trois raisons principales :

- L'explicitation des qualités jugées pertinentes pour mener une société suppose une vision et une prospective sur de nombreuses décennies. Peu de personnes en sont capable.
- Au sein de ce débat, la projection personnelle, la soif de reconnaissance, de pouvoir et d'argent au niveau individuel peuvent considérablement obscurcir l'élucidation de ce qui serait nécessaire au niveau du collectif tout entier⁸.

⁸ Ou pour le dire plus trivialement, les personnes prêtes à scier la branche sur laquelle leur statut est assis car ils ont la conviction que c'est meilleur pour le collectif sont encore assez rare. En conséquence, lorsqu'une tendance profonde est à l'œuvre, elle ne s'accomplit pas encore sans ligne de tension, conflit et révolution.



- Au niveau de la société, toute évolution de ces dimensions va de pair avec des transformations profondes et de profondes inerties de la part des corps sociaux de ceux qui y perdent un statut installé.

Ce n'est pas parce que le débat est épineux et difficile qu'il convient de l'éviter, au contraire.

1.5.3 Les questions fécondes à reposer

L'école polytechnique a été et est encore un fleuron de la formation des élites de l'ingénierie technique et scientifique.

Si l'Ecole veut continuer à assurer ses missions, nous sommes convaincus qu'elle ne peut plus faire l'économie d'un retour aux sources épistémologiques des sciences et des techniques qu'elle transmet.

L'enjeu de ce retour aux sources des connaissances est de régénérer la forme de l'école dans le respect de l'esprit qui lui a donné naissance, tout en actualisant ses missions à l'aune des enjeux perçus d'aujourd'hui.

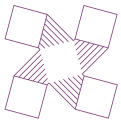
Après 2 siècles d'existence de l'Ecole, il est sain de reposer certaines questions fécondes à la lumière du contexte d'anthropocène telles que :

- Dans un contexte d'anthropocène, quelle est la vision que nous nous donnons pour la société et les finalités que nous nous assignons et à l'aune desquels nous pourrions identifier et qualifier les besoins en élite ?
- Quelles sont les qualités de l'élite dont la société aura besoin à l'aune précédente ?
- Quelles sont les connaissances et les pratiques qui seront utiles à ces élites ?
- Quel est l'enracinement épistémologique des connaissances à transmettre et praxéologique des pratiques à exercer ?
- Quel est le système des sciences associé à ces enracinements qui sera sous-jacent à la vision et à la stratégie pédagogique ?

2 Une esquisse de vision : une lecture des qualités requises pour agir et penser dans un contexte d'anthropocène

Dans le contexte d'anthropocène, la capacité à appréhender les phénomènes perçus complexes devient primordiale. Cette capacité suppose des êtres qui :

- Sont conscients de leur responsabilité dans la société
- Sont capables d'auto-critiques et de critique des arguments de l'autre dans le cadre de relation authentique où l'existence de l'autre est inconditionnellement reconnue
- Peuvent assumer la conjonction
 - des ingénieries psycho-socio-éco-politiques d'un côté et techniques de l'autre,
 - c'est-à-dire du sujet et de l'objet
 - ou encore du projet humain et de ce qu'il est convenu d'appeler « la réalité »
- Sont capables de relier grâce à une intelligence de la complexité entendue comme la capacité à se rendre intelligible les phénomènes perçus tout en maintenant une capacité critique sur la modélisation et l'interprétation à date
- Sont capables de lire et d'assumer les ruptures épistémologiques entre disciplines



- Sont capables de modéliser intentionnellement et de façon contextualisée afin d'expliciter chemin faisant le projet, de raisonner à base de systèmes de symbole⁹ – notamment outillé par les technologies de l'information – et de soumettre ces formulations à des processus de délibération argumentée

L'Ecole Polytechnique nous semble pleinement légitime à porter cette vision des 'élites' perçues nécessaires pour le XXI^e siècle.

3 Une esquisse de chemins : inscrire l'Ecole dans un système cyclique des sciences

3.1 L'émergence et la montée en puissance de paradigmes régénérés

Face aux insuffisances perçues de la science moderne « dure », des approches permettant d'appréhender la complexité perçue des phénomènes ont été développées.

Ces approches s'enracinent dans la phénoménologie et le paradigme épistémologique du constructivisme ou paradigme de la complexité.

Le principe directeur de ce paradigme est de reconnaître que les connaissances se forment dans l'interaction du sujet et de l'objet. La connaissance est processus avant d'être résultat produit; la connaissance se forme dans l'interaction. G.Bachelard soulignait déjà la dimension projective de toute connaissance scientifique : *“Dans la pensée scientifique, la médiation de l'objet par le sujet prend toujours la forme du projet.”* L'indissociabilité et la conjonction du sujet et de l'objet relié par une boucle récursive est une hypothèse fondatrice : le sujet qui conçoit l'objet conçu se conçoit lui-même construisant cette connaissance. L'expérience du sujet est conjointe à sa conception de l'objet.

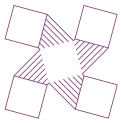
La montée en puissance des épistémologies constructivistes et des approches associées dans le creuset unitaire du paradigme de la complexité (systémique, cognitivisme, connexionnisme, énaction, constructivisme, pragmatisme,...) se traduit par une grande richesse de courants de pensées, de recherches et de pratiques, qui procèdent tous d'une recherche de réponse nuancée aux problèmes perçus complexes vécus au quotidien par les forces vives de la nation.

Cette vision régénérée s'appuie sur une compréhension élargie de l'activité cognitive et du rapport à l'action. Elle intègre les effets de rétroaction du global sur le local, les phénomènes d'émergence, d'autonomie, les conjonctions du sujet de l'objet, du local et du global, de l'évènement et de l'élément ainsi que de l'ordre et du désordre.

Dans le cadre de cette vision, le monde n'est plus vu comme une nature existant indépendamment de nous et dont il reste à « découvrir les lois universelles ». La connaissance y est conçue comme une « construction humaine contingente » en évolution permanente dans des contextes caractérisés par un niveau d'échelle et conditionné par le sujet qui modélise. Elle reconnaît de ce fait la nécessité de prendre en compte ce conditionnement telles que les sciences de l'esprit nous le donne à comprendre ainsi que l'intégration de multiples échelles de description.

Certaines de ces approches permettent un renouvellement réfléchi et scientifique de la relation entre la société, l'organisation et l'homme. Les systèmes d'action collective considérés par ces

⁹ En fin de compte, nous ne raisonnons qu'à partir de modélisations faites de système de symbole.



courants ne font notamment pas abstraction de la complexité interne de l'être humain. La complexité s'étend donc aux êtres, aux groupes, aux collectifs. Dans le cas des entreprises, cela comprend notamment la personne du dirigeant, des comités exécutifs ou de direction, et le collectif de tout le système qu'il dirige.

3.2 Conception d'un système spiralé des sciences plus convaincant

Nous avons largement évoqué la classification purement linéaire et statique des sciences qui a prévalu aux origines, depuis les plus fondamentales comme la mathématique jusqu'aux sciences psychosociologiques, dans la tradition de Bacon, Ampère, Spencer, Comte.

Avec le paradigme constructiviste, il devient possible de proposer un modèle spiralé convaincant des sciences. Les hypothèses plausibles qui permettent de concevoir un tel modèle sont :

- Toute science se construit comme projet de connaissance d'un objet par un sujet en interaction avec les phénomènes perçus. Cet argument procède de l'interdépendance fondamentale dans l'acte de connaissance du sujet formant un projet et de l'objet. Du fait de cette interdépendance fondamentale, tous les champs de connaissance sont donc reliés via le sujet qui est produit et produisant de la connaissance¹⁰.
- Toute science peut être considéré selon l'angle de son produit-résultat ou bien du processus par lequel un résultat est produit. Les sciences peuvent être qualifiés selon que le sujet connaissant tend à privilégier le produit-résultat ou le processus.
- Toute science est en interdépendances étroites avec les autres sciences et plus particulièrement avec les sciences qui la sous-tendent à un niveau d'échelle inférieur ou les sciences qui procèdent de son niveau d'échelle et rétroagissent. Du fait de ces interdépendances, toute science est le lieu d'une propagation des transformations de la connaissance dans les autres sciences. Les organisations humaines s'enracinent dans les individus qui en sont un composant, l'individu s'enracine dans le vivant biologique et il en émerge, le vivant biologique s'enracine dans la matière et il en émerge.
- Toute science, en tant que projet de connaissance d'un objet par un sujet, est irrigué par un noyau commun et central pour toutes les sciences : les sciences de l'esprit qui nous « permettent de comprendre les processus de construction de la connaissance par l'Homme en tant qu'il est le sujet observateur et concepteur de l'objet avec lequel il interagit.

Ses hypothèses argumentées plaident pour une organisation de la connaissance caractérisée par l'ouverture, l'inachèvement et une dynamique permanente au sein de cette organisation.

3.3 La dynamique des sciences

Le système cyclique des sciences que permet de concevoir le paradigme constructiviste instaure une relation forte, vivante et dynamique entre l'ensemble des sciences.

Chaque science développe des connaissances. Chaque science s'associe aux sciences connexes et crée des avancées nouvelles, base de futures disciplines interdisciplinaires.

¹⁰ Plus savamment, la projectivité relie l'objectivité et la subjectivité.

L'expérience cognitive du sujet vécue au cours de ses interactions phénoménales fait remonter vers le noyau un flux qui exerce une pression d'autant plus forte sur la conception épistémologique que des dissonances sont éprouvées entre les hypothèses fondatrices et l'expérience.

En retour, sous cette pression, après des décennies voire des siècles, une tectonique de plaques peut engendrer de brusque glissement épistémologique qui irrigue et ouvre des perspectives dans toutes les sciences.

Le paradigme constructivisme constitue un tel glissement qui fait suite à des siècles de montée en pression sur le paradigme positiviste-réaliste.

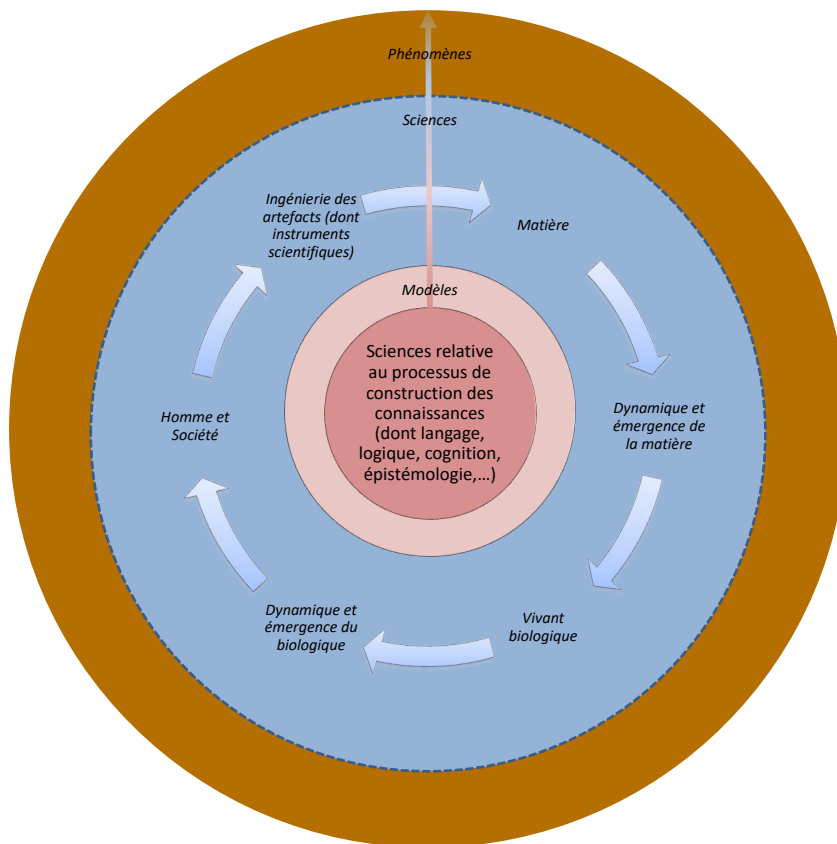


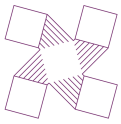
Figure 2 : Un modèle constructiviste spiralé des sciences

3.4 Inscrire l'Ecole dans le courant du système cyclique des sciences

Dans la perspective du paradigme constructiviste – ou paradigme de la complexité - le modèle spiralé des sciences est une organisation plausible des connaissances qui fournit un éclairage et une mise en relief des articulations entre les sciences.

Cette organisation assume d'autant plus sa contingence qu'elle porte les règles de sa propre morphogénèse. Inéluctablement, ces formes vont se transformer. Cette contingence n'empêche pas cette organisation d'être une régularité stable et utile sur laquelle nous pouvons nous appuyer. Cette organisation régénère les perspectives. Elle est source de fécondité.

En inscrivant l'Ecole dans le courant du système cyclique des sciences et en rompant avec la tradition linéaire du positivisme-réalisme, nous nous doterions d'une organisation plausible des



connaissances plus convaincante, plus organique, qui non seulement dégagerait une vision et guiderait plus avantageusement les collaborations et les perspectives de la recherche et de l'enseignement, mais aussi instaurerait la connaissance du processus par lequel le sujet produit la connaissance comme un noyau central commun qui éclaire et irrigue, comme de l'intérieur, toutes les sciences.

Au lieu d'une coupure entre les sciences de l'objet et un vernis d'humanitas philosophique orienté sujet, l'École renouerait ainsi avec la tradition humaniste profonde qui a inspiré l'époque qui l'a vu naître. Elle disposerait des racines qui rendent à nouveau concevable de conjointre science et conscience.

3.5 Perspectives

Ce que nous esquissons est une école qui développe la capacité des personnes à conduire leur action et leur pensée en conscience éthique et épistémique, au travers de parcours d'apprentissage tout au long de la vie qui plonge les apprenants dans la conception en complexité.

Il nous semble que cette esquisse permet d'amorcer une délibération critique féconde sur ce que pourrait être une vision et des missions régénérées pertinentes.

A défaut, l'école est menacée d'être perçue comme formant une élite rigide, fermée et enfermante, là où l'enjeu est précisément de former les guides et les phares dont la société a tant besoin.