

Pour une ingénierie des situations sûres¹

J. Theureau

Introduction

Ce texte présente un problème général et une voie pour le résoudre : le développement d'un programme de recherche en ingénierie des situations sûres. Un tel programme de recherche ne pourra être mené à bien que grâce à des contributions variées de plusieurs groupes et laboratoires de recherche. Les notions encore plus générales de programme de recherche technologique et de programme de recherche scientifique qu'il spécifie en termes d'ingénierie des situations sûres et de recherches empiriques susceptibles d'y contribuer ont été définies dans Theureau (2009). Elles ressortent de l'épreuve de cette spécification à la fois précisées et partiellement modifiées, en particulier dans leur relation avec les critères de scientificité que j'ai empruntés dans ce dernier ouvrage à A. Koyré et, plus largement, à l'épistémologie de langue française.

1. Le problème du développement d'une ingénierie des situations sûres aujourd'hui

Précisons le problème du développement d'une ingénierie des situations sûres aujourd'hui et, pour ce faire, formulons quelques définitions. Par "aujourd'hui", j'entend la période de transition entre avant et après l'accident nucléaire majeur de Fukushima. Par "ingénierie des situations sûres", j'entend une technologie de conception et de gestion de situations pour des activités humaines qui viserait la sûreté professionnelle et organisationnelle, qui serait constituée d'un ensemble d'outils et procédures organisées par un discours systématique et qui se développerait en relation organique (nous préciserons cette notion plus loin) avec les sciences empiriques pertinentes, donc en accordant une place centrale mais non monopoliste aux sciences humaines et sociales et aux sciences biologiques. Détaillons les termes de cette définition.

2. Situations sûres

Ces situations sûres constituent les contextes – à la fois spatio-temporels, artefactuels (qu'on qualifie souvent de "techniques", alors que la technique concerne aussi bien l'architecture, l'organisation, la formation et, même, l'éducation et la culture que la conception de produits, d'outils et de machines), environnementaux, organisationnels, formatifs et culturels – pertinents pour des activités humaines qui contribuent à la sûreté. Cette pertinence n'allant pas toujours de soi, il en va de même de leur délimitation.

Ces situations peuvent être plus ou moins globales ou locales, c'est-à-dire plus ou moins larges, plus ou moins complexes et plus ou moins étendues temporellement, et constituer des contextes pertinents pour des activités humaines plus ou moins reliées entre elles et engageant un plus ou moins grand nombre d'acteurs. Par exemple, une situation de crise engage tous les niveaux hiérarchiques d'une entreprise à risques, mais aussi des organismes étatiques, voire internationaux, et des associations citoyennes. On a alors affaire à une situation globale à détailler en situations plus ou moins locales. L'objet d'une ingénierie des situations sûres est

¹ Ce texte a été rédigé dans le cadre d'un contrat de conseil scientifique avec l'IRSN (SEFH) comme contribution personnelle à l'amorce d'une série de réunions de travail visant l'élaboration et la rédaction collectives d'un programme de recherche sur ce thème ou sur un thème proche. Son contenu n'engage en rien l'IRSN (SEFH).

alors la conception et la gestion de ces situations globales et de ces situations plus ou moins locales.

Une fois qu'une situation est délimitée comme pertinente, sa conception et sa gestion, donc la mise en œuvre et le développement d'une ingénierie des situations sûres en ce qui la concerne, peuvent obliger à remonter très haut dans l'organisation des entreprises – elle peuvent impliquer aussi des organismes étatiques de contrôle et des organismes d'études contribuant à ce contrôle – et très loin dans le temps de vie des entreprises et de la société à laquelle elles appartiennent – elles peuvent aussi impliquer le système éducatif qui a formé leurs différentes sortes de personnels dans l'entreprise et en dehors d'elle.

On doit même quelque peu compliquer le tableau. En effet, parmi ces situations délimitées comme pertinentes, il y a (1) celles de mise en œuvre et de développement de l'ingénierie des situations sûres elle-même, ainsi que (2) celles de mise en œuvre et de développement de ce qu'on peut appeler l'"ingénierie des processus industriels sûrs", qui s'intéresse à l'aspect sûreté de l'ingénierie des processus industriels et sur laquelle nous reviendrons plus loin. Dans l'abord de ces deux dernières sortes de situations, l'ingénierie des situations sûres s'intéresse aux outils, aux concepts et aux méthodes qui y sont mis en œuvre et développés en tant qu'ils constituent des effets de l'activité humaine dans ces situations et non pas en tant que tels – contrairement à l'ingénierie des situations sûres et à celle des processus industriels sûrs qui sont constituées par ces mêmes outils, concepts et méthodes, en partie pour la première, en totalité pour la seconde.

3. Sûreté

La sûreté concerne la prévention à la fois des risques professionnels et des risques industriels (dits aussi organisationnels). Rappelons que ces derniers concernent les populations et non pas les professionnels des entreprises, par exemple : en ce qui concerne l'hôpital, les patients et non pas ou pas seulement les professionnels de santé ; en ce qui concerne la chimie, la population environnant l'usine et non pas ou pas seulement les opérateurs. Mais ces deux sortes de risques peuvent évidemment se recouper, de même que leur genèse et leur prévention. Une "ingénierie des situations sûres" les analyserait et les préviendrait de façon intégrée. Elle porterait sur les situations normales de travail, sur les situations incidentelles, sur les situations incidentelles / accidentelles et sur les situations accidentelles, ainsi que sur les situations de crise et d'après-crise, pour reprendre une typologie des situations de risque aujourd'hui classique.

4. Ingénierie des situations sûres et situations particulières de mise en œuvre et de développement

La définition d'une telle "ingénierie des situations sûres" contient celle des acteurs et organismes qui sont susceptibles de la mettre en œuvre et de la développer et de leurs pratiques respectives. Ces couples pratiques / acteurs ou organismes sont :

- (1) les expertises de sûreté des organismes de contrôle (par exemple, l'ASN) et des organismes d'études contribuant à ce contrôle (par exemple, l'IRSN) ;
- (2) les recherches menées par les organismes de recherche et développement en matière de sûreté dans les entreprises nucléaires et, plus largement, les entreprises à risques ;
- (3) les pratiques de management aux divers niveaux hiérarchiques de ces mêmes entreprises ;
- (4) les pratiques et les organisations citoyennes.

De droit, les différentes façons de mettre en œuvre et développer cette ingénierie des situations sûres doivent donner lieu à des spécificités (voir Rolina, 2008 et 2009, pour les spécificités de l'expertise de sûreté d'un organisme, le SEFH dans le cadre de l'IRSN). Mais c'est nécessairement sur un fond commun et la précision de ces spécificités est secondaire relativement à celle de ce fond commun. C'est ce fond commun qui fait que, d'une part, le développement d'une ingénierie des situations sûres devra donner lieu à une coopération étroite entre ces divers couples pratiques / acteurs ou organismes, d'autre part, l'expertise de sûreté des organismes de contrôle et des organismes d'études contribuant à ce contrôle ne pourra être efficace que si elle s'effectue à partir de ce fond commun.

5. Ingénierie des processus industriels *versus* ingénierie des situations sûres

Aujourd'hui, dans les industries nucléaires qui nous intéresseront en premier lieu, comme dans les autres industries à risques, la conception des processus industriels constitue effectivement une ingénierie, ou encore une technologie, qui donne lieu à un discours systématique et se développe en relation organique (nous préciserons cette notion plus loin) avec les sciences empiriques pertinentes, donc en accordant une place centrale non monopoliste aux sciences physiques. Il n'en est pas de même de la conception et de la gestion des situations que ces processus industriels offrent aux activités humaines, en conjonction avec la conception et la gestion des organisations et des dispositifs de formation, pour ne pas parler des actions exercées sur les cultures qui échappent à cette conception et à cette gestion, c'est-à-dire de ce que nous avons appelé une ingénierie des situations sûres.

L'accident nucléaire majeur de Fukushima nous montre que, dans l'industrie nucléaire japonaise – avec, faut-il ajouter, la bénédiction de toutes les organisations internationales, malgré quelques réticences passagères –, il n'en est pas non plus de même – en tout cas de façon satisfaisante – de certains secteurs de l'ingénierie des processus industriels nucléaires sûrs, c'est-à-dire, répétons-le, de l'aspect sûreté de l'ingénierie des processus industriels nucléaires qui, précisons-le, constitue, elle aussi, une technologie en relation organique (nous préciserons cette notion plus loin), non seulement avec les sciences physiques, mais aussi avec les sciences biologiques. En effet, d'après les informations disponibles aujourd'hui, alors que cet accident nucléaire majeur n'est pas encore terminé, il semble bien que, si certains éléments de ce dernier étaient imprévisibles – comme c'est le cas à différents degrés dans toute ingénierie, par exemple, dans le génie civil, pour parler de ce que nous connaissons –, d'autres l'étaient. Il est certain aussi qu'une ingénierie des processus industriels sûrs satisfaisante quelconque doit donner une place à la prévention de risques qui se situent au-delà de ceux qui se sont avérés dans le passé, ainsi qu'à la prévention du cumul synchronique et diachronique de ces derniers.

6. État actuel et perspectives de développement d'une ingénierie des situations sûres

C'est dire qu'aujourd'hui une ingénierie des situations sûres n'existe pas de façon satisfaisante dans l'ensemble de ces industries. Son nom même n'est d'ailleurs pas prononcé. Ce caractère plus ou moins satisfaisant de l'état d'une ingénierie des situations sûres est à apprécier *a posteriori*. Mais on peut en définir des critères de reconnaissance *a priori* d'un programme de recherche technologique (pour la précision de cette notion de programme de recherche technologique en relation avec la littérature en épistémologie scientifique et en ingénierie, voir Theureau, 2009, chapitre 5). Je réduirai ici ces critères de reconnaissance d'un programme de recherche technologique à six, que je formulerai de façon très générale, donc valable pour toute ingénierie. Ces critères sont évidemment à spécifier selon l'ingénierie concernée, ici l'ingénierie des situations sûres. Les trois premiers critères sont intrinsèques et

définissent la recherche technologique au sens anglo-saxon de technologie comme discours technique systématique :

- (1) l'explicitation d'anticipations techniques, organisationnelles et culturelles innovantes ;
- (2) l'existence de moyens (outils et procédures) de réalisation de telles anticipations ;
- (3) la systématique et la généricité de ces moyens et réalisations, qui passent par les différentes sortes de modélisation.

Le quatrième et le cinquième critères sont relationnels mais essentiels et leur cumul avec les trois précédents différencient la technologie de la technique, même lorsque cette dernière donne lieu à un discours systématique :

- (4) la relation organique – c'est-à-dire une relation systématique et dans les deux sens telle que les problèmes rencontrés et les solutions trouvées et systématisées par les ingénieurs et techniciens suscitent des recherches scientifiques et qu'inversement les notions et méthodes développées dans ces dernières sont investies dans l'ingénierie – avec un ou plusieurs programmes de recherche scientifiques ; cette relation organique porte sur aussi bien, des sciences vers l'ingénierie concernée, sur les tests et les critères d'évaluation des réalisations et sur les anticipations et réalisations, que – pour anticiper sur la section suivante –, de l'ingénierie concernée vers les sciences, sur les dispositifs de construction de données et sur les hypothèses empiriques et les outils et procédures d'analyse et de synthèse.
- (5) la relation, organique ou applicative, avec la recherche et la création de formes symboliques et la recherche mathématique ;

Le dernier critère, que nous laisserons de côté ici, est relationnel mais secondaire : (6) la relation avec la recherche philosophique.

Ces critères sont plus ou moins réalisés de façon inégale par les recherches technologiques passées ou existantes et leur cumul en constitue seulement un idéal qu'on considère comme réalisable. Pour une ingénierie des situations sûres :

- le premier critère signifie que cette dernière est capable de formuler des projets de conception de situations sûres qui soient innovants, donc éventuellement controversés, et pas seulement de justifier l'existant ou de se cantonner à sa critique ;
- le second critère signifie tout simplement que cette ingénierie des situations sûres est capable de réaliser des projets innovants de conception de situations sûres ;
- selon le troisième critère, cette ingénierie des situations sûres donne lieu à un discours systématique et à une modélisation qui lui permettent de s'appuyer sur les connaissances et réalisations passées pour ouvrir sur des connaissances et des réalisations nouvelles ;
- selon le quatrième critère, cette ingénierie des situations sûres entretient une relation à double sens avec la multiplicité pertinente des sciences empiriques, et non pas une relation de simple application de ces sciences vers l'ingénierie des situations sûres. En effet, si cette simple application existe, elle est rare et son succès dépend de l'existence préalable d'une technique développée, ce qui ne l'empêche pas de constituer un idéal et, pire, une vision de la réalité encore largement répandus aujourd'hui et dont il faut se débarrasser ;
- enfin, selon le cinquième critère, la relation, organique ou applicative et pas seulement organique, avec la recherche et la création de formes symboliques et la recherche mathématique permet d'enrichir les moyens de modélisation.

Ainsi, une recherche particulière qui s'inscrit dans une recherche technologique vise et réalise nécessairement, même si c'est de façon minimale, des effets pratiques. Mais l'essentiel est ailleurs : dans la visée et la réalisation minimale de ces quatre premiers critères de reconnaissance. C'est ce qui en fait une recherche qui produit de nouvelles connaissances technologiques et pas seulement une étude technique particulière.

7. Ce qu'impliquent et n'impliquent pas les critères de reconnaissance d'une recherche technologique

De tels critères de reconnaissance d'un programme de recherche technologique sont réalisés plus ou moins et de façon inégale par les recherches technologiques passées ou existantes. Ils ne séparent pas mécaniquement ces recherches en technologiques / non technologiques (c'est-à-dire, ou bien des "recherches appliquées non applicables", selon la formule aujourd'hui consacrée de B. Latour, c'est-à-dire sans réalisations effectives ou bien avec de simples réalisations techniques sans systématisme ni généralité, ou bien les mêmes sans relation organique avec des sciences empiriques) mais constituent seulement un pôle idéal considéré comme réalisable à terme de ces recherches.

Il faut même ajouter que certains programmes de recherche technologiques peuvent les réaliser moins que d'autres à un moment donné et être pourtant plus féconds, en termes de pouvoir heuristique (la capacité à susciter la création de nouveaux dispositifs technico-organisationnels-éducatifs-culturels, voire même seulement à formuler de nouvelles questions technico-organisationnelles-éducatives-culturelles) et de capacité de croissance (la capacité à s'étendre d'un domaine à d'autres et d'enrichir son noyau de discours systématique et ses méthodes de conception et de test).

Aujourd'hui, si l'on confronte la conjoncture scientifique et technique à ces critères, on s'aperçoit que ce qui existe, ce n'est même pas une ingénierie des situations sûres respectant de façon faible et inégale ces différents critères, ce sont seulement des éléments épars d'une telle ingénierie des situations sûres. Ces derniers sont nommés de diverses façons et les relations qu'ils entretiennent entre eux restent non déterminées ou mal déterminées. Ce sont des éléments d'ergonomie de la conception des situations de travail, des éléments de sociologie des organisations, des éléments d'analyse des compétences et de conception des dispositifs de formation, des éléments de management, de gestion et de logistique, plus ou moins spécifiés selon les deux sortes de risques, selon les différentes sortes d'industries à risques et selon les différentes sortes de situations de risque. Ce sont aussi des notions, des méthodes et des résultats de diverses recherches empiriques en physiologie, psychologie, sociologie et anthropologie, qui ne contribuent pas à une ingénierie des situations sûres mais pourraient le faire moyennant un travail supplémentaire et une réorientation. C'est mieux que rien, mais c'est loin d'être satisfaisant. C'est là, d'après nous, un problème global à résoudre.

8. Limites pratiques a priori d'une ingénierie des situations sûres et d'une ingénierie des processus industriels sûrs

Qu'il soit bien entendu cependant que ce problème global est en fait partiel du point de vue de la sûreté, n'est pas la totalité du problème de sûreté à résoudre. Sa résolution – qui ne pourra être simplette et, en particulier, devra, pour être effective, sortir des seules entreprises à risques et concerner l'ensemble du système éducatif et du système culturel, ce qui ne pourra que prendre un certain temps – ne sera certainement pas suffisante pour éviter d'autres accidents nucléaires. Considérons, par exemple, après Fukushima, une partie de ce problème, celui de la part d'une telle ingénierie des situations sûres qui concerne la conception et la gestion des situations de conception des processus industriels eux-mêmes de façon à assurer

leur sûreté, c'est-à-dire des situations de mise en œuvre et de développement d'une "ingénierie des processus industriels sûrs". Nous disposons actuellement de beaucoup plus d'informations sur l'état de cette dernière à Tepco, l'opérateur de Fukushima, que sur l'état de l'ensemble de l'ingénierie des situations sûres. Dans la genèse de cet accident nucléaire majeur de Fukushima, les pouvoirs politiques et financiers ont, à l'évidence, toujours d'après les informations disponibles, joué un rôle essentiel². Ce qui pourrait être attendu de la résolution de cette partie du problème d'une ingénierie des situations sûres, c'est seulement que les situations d'exercice de l'activité des experts en cette ingénierie des processus industriels sûrs soient conçues et gérées de telle façon qu'ils puissent dire aux pouvoirs politiques et financiers, ou au moins à ceux qui ne sont pas les plus dictatoriaux (c'est-à-dire capables de mettre au chômage, en prison ou pire, tout "tireur de sonnette d'alarme" – pour employer une notion aujourd'hui courante – et, en tout cas, de lui empêcher toute expression publique, donc toute information des citoyens) : « Si vous construisez une centrale nucléaire en tel lieu aujourd'hui de telle façon, vous risquez de provoquer tel problème ou telle cascade de problèmes à plus ou moins tel terme », et, une fois que la centrale nucléaire aura été construite en ce lieu et de cette façon grâce à des ingénieurs moins scrupuleux et que les problèmes se seront effectivement posés, que ces experts en cette ingénierie des situations sûres puissent dire aux mêmes : « On vous l'avait bien dit ! ». Les amateurs reconnaîtront ici une paraphrase d'un fragment de la biographie, réelle ou imaginaire, de l'esclave – mais aussi philosophe stoïcien – Épictète, qui, fort d'un savoir pratique affirmé et responsable, pouvait dire à son maître qui le maltraitait : « Si tu continues comme ça, tu vas me casser le bras » [sous-entendu : « et alors je ne te serai plus utile comme esclave »], et, une fois que le même lui a effectivement cassé le bras : « Je te l'avais bien dit ». On peut évidemment généraliser ce qui pourrait être attendu de la résolution de cette partie du problème d'une ingénierie des situations sûres à sa totalité.

9. Recherches scientifiques en relation organique avec le développement d'une ingénierie des situations sûres

Considérons les recherches scientifiques, donc empiriques, qui entretiennent (à travers les acquis des recherches technologiques en ergonomie, sociologie des organisations, gestion et logistique menées jusqu'à aujourd'hui) ou sont susceptibles d'entretenir une relation organique avec le développement d'une ingénierie des situations sûres. En ce qui les concerne, je me référerai à des critères de reconnaissance d'un programme de recherche scientifique (pour la précision de cette notion de programme de recherche scientifique en relation avec la littérature en épistémologie scientifique, voir aussi Theureau, 2009, chapitre 5). Afin de ne pas alourdir le propos outre mesure, comme je l'ai fait plus haut pour les critères de reconnaissance d'un programme de recherche technologique, je réduirai ces critères de reconnaissance d'un programme de recherche scientifique à six, que je formulerai de façon très générale, donc valable *a priori* pour toute recherche scientifique. Ces six critères sont évidemment à spécifier selon les recherches scientifiques concernées, donc aussi selon les recherches technologiques concernées, ici celles qui visent le développement d'une ingénierie des situations sûres. Je ne peux évidemment le faire ici vu leur multiplicité. Les trois premiers sont intrinsèques :

² Ce rôle reste à analyser scientifiquement, ce qui n'est pas sûr d'être entrepris et, s'il l'est, pas prêt d'aboutir à des résultats valides. Mais, comme il est facile de le constater, point n'est besoin d'une telle analyse scientifique pour que diverses directions d'entreprises, divers pouvoirs politiques, divers mouvements politiques et sociaux et, plus largement, les citoyens s'emparent de la question dès aujourd'hui, à partir des informations et moyens d'analyse plus ou moins médiés dont ils disposent.

- (1') l'explicitation d'hypothèses empiriques non triviales (c'est-à-dire telles que leurs alternatives ne peuvent pas être exclues *a priori*) ; contrairement à une vision religieuse de la science, cette dernière, lorsqu'elle est vivante, n'est pas le lieu de la certitude mais celui du débat réglé ;
- (2') l'existence d'outils et méthodes permettant de réfuter ces hypothèses empiriques non triviales ou, du moins, d'apprécier leur degré de réfutation ou de non réfutation relativement à des hypothèses empiriques non triviales alternatives ;
- (3') la systématique et la généricité de ces hypothèses empiriques et de ces outils et méthodes de réfutation, qui passent par les différentes sortes de modélisation.

Le quatrième et le cinquième, relationnels mais essentiels, participent à la distinction entre la science et la technologie et constituent le pendant des mêmes critères énoncés plus haut à propos de la recherche technologique :

- (4') la relation organique – c'est-à-dire systématique et dans les deux sens – avec un ou plusieurs programmes de recherche technologiques ;
- (5') la relation, organique ou applicative, avec la recherche et la création symboliques et la recherche mathématique.

Le dernier, déjà énoncé aussi pour la recherche technologique et sur lequel je ne m'arrêterai pas non plus ici, est : (6') la relation avec la recherche philosophique.

On voit que quatre de ces critères de reconnaissance d'une recherche scientifique [les critères (1'), (4'), (5') et (6')] diffèrent de ceux d'une recherche technologique par la seule visée. Seuls les critères (2') et (3') diffèrent radicalement des critères (2) et (3).

Considérons d'abord la différence entre les critères (2) et (2'). J'entend par l'énoncé de cette différence que si un programme de recherche technologique comprend idéalement des tests d'évaluation des réalisations technico-organisationnelles-éducatives-culturelles réalisées, tests qui entretiennent idéalement des relations avec les outils et méthodes de recueil de données et d'analyse scientifiques, c'est-à-dire les outils et méthodes de réfutation du critère (2) de reconnaissance d'une recherche scientifique, l'existence de ces tests n'en constitue pas un critère de reconnaissance intrinsèque d'une recherche technologique. Pour prendre un exemple, le projet "Écoutes signées" (voir Donin, Goldszmidt et Theureau, 2010, et Goldszmidt, Theureau, 2010), qui a constitué le point de départ d'un programme de recherche technologique en matière de conception de situations d'aide à l'écoute musicale active, a pu se développer de façon significative en reliant des anticipations technico-organisationnelles-éducatives-culturelles innovantes, les techniques hypermédia et des recherches scientifiques sur l'histoire des pratiques musicales et sur l'activité de composition musicale, et en renvoyant l'évaluation des dispositifs réalisés aux diverses sortes d'utilisateurs. Cette absence de développement de tests d'évaluation a certes constitué un manque relativement à l'idéal visé, mais un manque non intrinsèque. Un second exemple est constitué par la recherche de Haué (2003) qui a développé et mis en œuvre une ingénierie pour la conception d'Interactions Hommes-Machines (IHM) en termes d'utilité, d'utilisabilité et d'appropriabilité, spécifiée pour des systèmes multi-accès de contrôle d'énergie domestique. Cette recherche technologique a été menée de façon articulée avec une recherche empirique sur les cours de vie relatifs à la pratique de contrôle d'énergie domestique, dont les données ont été, d'une part, des données sur des cours d'action de contrôle d'énergie domestique, d'autre part, des données sociologiques détournées de leur visée initiale vers l'étude des processus d'appropriation de dispositifs de contrôle d'énergie domestique par des particuliers. L'essentiel des résultats technologiques a porté sur les moyens (outils et procédures) de réalisation des anticipations technico-organisationnelles formulées à partir des résultats de la recherche empirique. L'élaboration de tests portant sur cette réalisation a pu être laissée de côté, ou plutôt renvoyée, d'une part à la recherche empirique menée au préalable, d'autre part au développement après recherche technologique. Dans ces deux exemples, cette élaboration

de tests d'évaluation dépend de façon essentielle de la relation organique que la recherche technologique entretient avec la recherche scientifique. Les situations sûres dans les industries à risques sont évidemment plus complexes que les situations à concevoir qui sont en jeu dans ces deux exemples, mais les mêmes principes épistémologiques s'y appliquent.

Considérons aussi la différence entre les critères (3) et (3'). Ce troisième critère de reconnaissance d'une recherche scientifique (3') porte sur la réfutation des hypothèses empiriques – les différentes sortes de modélisation visent le développement de cette réfutation –, tandis que ce troisième critère de reconnaissance d'une recherche technologique (3) porte sur la réalisation des projets de conception – les différentes sortes de modélisation visent le développement de cette conception. Ajoutons que ce troisième critère de reconnaissance d'une recherche scientifique (3') a été particulièrement mis en avant, en ce qui concerne la recherche scientifique en général, par A. Koyré (un philosophe et historien des sciences) et J.-C. Milner (un linguiste et philosophe) sous le nom de littéralisation. Nous insisterons plutôt, en ce qui concerne plus particulièrement les recherches scientifiques susceptibles de contribuer à une ingénierie des situations sûres, sur la continuité entre la formalisation (comme minimum nécessaire pour assurer la systématisme et la généralité des hypothèses empiriques et des outils et méthodes de réfutation) et la littéralisation (comme idéal à viser mais pas nécessairement à atteindre). La littéralisation, c'est le fait que les concepts et théories qui traduisent les hypothèses empiriques non triviales sont suffisamment mathématisés pour produire des conséquences empiriques, c'est-à-dire des hypothèses empiriques nouvelles, elles aussi – sinon plus que les premières – non triviales et réfutables. Cette littéralisation diffère de la simple formalisation après-coup des résultats des recherches afin de mieux les expliciter et ainsi de mieux les enseigner et de mieux les soumettre à réfutation empirique, qui ne produit aucune hypothèse empirique nouvelle. Elle peut faire appel à des mathématiques qui vont du plus simple au plus complexe.

De tels critères de reconnaissance sont réalisés plus ou moins et de façon inégale par les recherches scientifiques passées ou en cours. Ils ne séparent pas mécaniquement ces recherches en scientifiques / non scientifiques mais constituent seulement un pôle idéal considéré comme réalisable à terme de ces recherches. Il faut même ajouter, comme nous l'avons fait à propos des programmes de recherche technologique, que certains programmes de recherche scientifiques peuvent les réaliser mieux que d'autres à un moment donné et être pourtant moins féconds que ces derniers, en termes de pouvoir heuristique (la capacité à susciter la découverte de nouveaux faits, voire même seulement à formuler de nouvelles questions) et de capacité de croissance (la capacité à s'étendre d'un domaine à d'autres et d'enrichir son noyau théorique – hypothèses et notions – et heuristique – méthodes de construction de données et d'analyse).

10. Autonomies relatives du développement d'une ingénierie des situations sûres et du développement des recherches scientifiques pertinentes & articulation entre eux

En mettant en œuvre ces critères de reconnaissance des programmes de recherche scientifiques et technologiques, nous considérons évidemment — sans le justifier ou plutôt en ne le justifiant que par la fécondité (qui devra être constatée *a posteriori*) de la démarche — qu'il est préférable de fonder l'ingénierie des situations sûres dans son ensemble sur (1) de tels programmes de recherche scientifiques pertinents pour cette dernière (ressortissant aux sciences physiques, biologiques, humaines et sociales ou à leurs diverses associations interdisciplinaires) et (2) des programmes de recherche technologiques qui, ne portant pas spécifiquement sur cette dernière en tant que telle, mais sur des composantes de cette dernière (incluant la conception des espaces, des artefacts, de l'organisation, de la formation, de la gestion et de la logistique, ainsi que la conception de leurs usages et procédures, voire

l'ingénierie culturelle, en tant qu'ils participent à la conception de situations à partir de différentes visées), qui seraient en relation organique, plutôt que de le faire sur autre chose. Ces autres choses sont, par exemple, des recherches scientifiques conçues comme radicalement séparées de toute visée pratique sauf de carrière ou de plaisir du chercheur.

Il faut ajouter cependant que, comme toute technique, cette ingénierie des situations sûres peut se développer jusqu'à un certain point sans que soient développés de tels programmes de recherche scientifiques et technologiques. Peuvent être mises à profit, en effet, la seule expérience pratique personnelle et, bien sûr, comme c'est le cas pour toute technique moderne, l'expérience pratique plus ou moins instruite par une certaine formation scientifique (y compris par des recherches scientifiques conçues comme radicalement séparées de toute visée pratique) et technologique antérieure, ainsi qu'une certaine veille scientifique et technologique. Plus particulièrement, en laissant de côté l'ingénierie des situations sûres dans son ensemble et en nous limitant pour le coup à l'expertise de sûreté, notons en relation avec ce dernier point que c'est la seule expérience pratique personnelle qui définit proprement la notion d'expertise, avec tous les risques, tant d'arbitraire que de faiblesse argumentative, mais aussi tous les avantages, tant de variété des situations rencontrées que de capacité à ne pas se limiter à ce qui est considéré comme acquis, qui la caractérisent (voir, par exemple, Rolina, 2008, 2009, pour l'étude scientifique d'un aspect de l'expertise de sûreté du SEFH dans le cadre de l'IRSN).

Si, donc, le développement d'une ingénierie des situations sûres est relativement autonome des différentes recherches scientifiques pertinentes, le développement de ces dernières l'est aussi de la première. Des recherches scientifiques menées sans visée pratique d'aucune sorte (à part, toujours, la carrière et le plaisir des chercheurs) peuvent s'avérer pertinentes. Des recherches scientifiques pertinentes peuvent aussi être menées en ne mettant cette visée pratique qu'à l'horizon. Comme la réalisation de telles visées pratiques ne peut souvent s'ensuivre des résultats obtenus par de telles recherches scientifiques que moyennant des travaux supplémentaires – donc moyennant un décalage temporel – menés par d'autres personnes possédant d'autres compétences – donc moyennant un décalage institutionnel –, c'est même souvent le cas des recherches en sciences humaines et sociales. Nous avons vu plus haut qu'une recherche particulière qui s'inscrit dans une recherche technologique vise et réalise nécessairement, même si c'est de façon minimale, des effets pratiques, mais aussi que l'essentiel est ailleurs : dans la visée et la réalisation minimale des six critères de reconnaissance de la recherche technologique, donc dans la production de nouvelles connaissances technologiques. C'est pourquoi il vaudrait mieux parler ici plutôt de visée technologique que de visée pratique, contrairement à l'habitude.

11. Obstacles épistémologiques à surmonter

Remarquons avant de conclure cette présentation de problème du développement d'une ingénierie des situations sûres que des malentendus peuvent être suscités par le fait qu'aujourd'hui l'on ne parle couramment d'ingénierie qu'à propos de la conception des espaces, des artefacts et des processus industriels voire même considère souvent comme déplacée toute considération de l'organisation, de l'éducation et de la culture en termes techniques. Pour les éviter, il faudrait d'abord considérer que l'ergonomie, l'organisation, l'éducation et les pratiques culturelles portent toutes, comme l'ingénierie des artefacts et processus industriels, à la fois sur ces derniers, sur des structures et sur des procédures, et donc aussi qu'elles constituent – sinon en fait, du moins potentiellement, moyennant quelques progrès – des ingénieries (ergonomique, organisationnelle, éducative et culturelle). Il faudrait aussi qualifier la conception des artefacts et des processus industriels de "technico-organisationnelle-éducative-culturelle" car elle engage nécessairement ces divers éléments

dans sa réalisation. En effet : la conception organisationnelle s'inscrit dans la conception des espaces de travail et met en jeu des outils de communication, de gestion et de logistique et ne se réduit pas à des structures et procédures organisationnelles ; la conception des dispositifs d'éducation, si elle concerne en premier lieu des contenus et des méthodes pédagogiques, s'inscrit dans des organisations et met en jeu des outils et des espaces éducatifs ; la conception culturelle s'inscrit dans des espaces culturels, donne lieu à des organisations particulières et des modes de communication et met en jeu des outils médiatiques (voir, par exemple, dans un domaine aussi éloigné des entreprises à risques que l'anthropologie culturelle exotique, Goldszmidt, Theureau, 2010, pour l'ingénierie culturelle musicale). Une telle inscription est rendue encore plus évidente aujourd'hui avec le développement des technologies numériques hypermédia. C'est pourquoi nous avons écrit plus haut qu'une ingénierie des situations sûres devait être en relation organique avec des sciences humaines et sociales et des sciences biologiques mais pas seulement, qu'une ingénierie des processus industriels – on pourrait dire la même chose de l'ingénierie de la conception des espaces et des artefacts les plus variés – devait être en relation organique avec les sciences physiques mais pas seulement et qu'une ingénierie des processus industriels sûrs devait être en relation organique avec les sciences physiques et biologiques mais pas seulement. C'était pour préserver, dans la première, la part de considérations physiques nécessaires et, inversement, dans la seconde et la troisième, la part de considérations humaines, sociales nécessaires.

Remarquons aussi, avant de conclure cette présentation du problème du développement d'une ingénierie des situations sûres, que, si sa résolution ne va pas de soi aujourd'hui, la réponse à la question de la relation organique entre ce dernier et les recherches scientifiques pertinentes ne va pas non plus de soi. En effet, nous héritons de trois grandes tendances épistémologiques en matière d'épistémologie scientifique :

- le dualisme des "sciences de la nature" et des "sciences de la culture" ;
- le monopole de l'épistémologie de la physique et de la biologie dans toute science, qui renvoie hors de la science tout ce qui ne s'y soumet pas ;
- le pluralisme épistémologique, qui ouvre sur autant d'épistémologies que de domaines disciplinaires (par exemple, la psychologie expérimentale) ou ensembles disciplinaires (par exemple, les sciences humaines et sociales).

Ces trois tendances ont en commun de nier toute possibilité d'une épistémologie générale déclinée en épistémologies particulières aux objets théoriques étudiés. La question de la construction d'une épistémologie générale dépassant cet héritage – mais qui, en fait, l'a précédé de plus de deux millénaires, même si c'était dans des termes qu'on rejetterait aujourd'hui –, donc d'une quatrième tendance en matière d'épistémologie scientifique, reste ouverte (voir Theureau, 2009, pour un bilan de l'état de cette question). La première de ces tendances, le dualisme des "sciences de la nature" et des "sciences de la culture", ne fut remise en cause radicalement que dans la seconde partie du 20^{ème} siècle par la linguistique de N. Chomsky et la psychologie cognitive (en termes de "naturalisation de l'esprit"). Elle reste aujourd'hui prégnante chez de nombreux chercheurs et praticiens en sciences humaines et sociales. La seconde de ces tendances, le monopole de l'épistémologie de la physique et de la biologie, reste aussi largement répandue chez les chercheurs en physique et en biologie. La troisième de ces tendances, le pluralisme épistémologique, est répandue partout. Ces trois tendances sont interdépendantes : la première et la seconde font office de protection des sciences humaines et sociales contre la physique et la biologie. Elles constituent des obstacles au développement d'une ingénierie des situations sûres, comme elles constituent encore des obstacles – seulement en partie surmontés – au développement de ses composantes qui restent à spécifier pleinement en termes de sûreté professionnelle et industrielle, c'est-à-dire d'une ingénierie ergonomique, d'une ingénierie organisationnelle et d'une ingénierie éducative. En effet, la notion de relation organique entre recherches scientifiques et ingénierie

n'est vraiment acceptée et mise en œuvre largement qu'en physique et en biologie, alors qu'une ingénierie des situations sûres a besoin autant sinon plus d'entretenir une relation organique avec les sciences humaines et sociales qu'avec ces dernières.

Les six critères de reconnaissance d'un programme de recherche scientifique présentés plus haut traduisent une épistémologie générale déclinée en épistémologies particulières aux objets théoriques étudiés. Si, par exemple, la recherche en physique et la recherche en anthropologie culturelle les partagent, elles ne partagent pas – du moins pas totalement – les mêmes formes des hypothèses empiriques non triviales (1), les mêmes modes de réfutation et de non réfutation (2), les mêmes modes d'articulation avec une ingénierie des situations sûres (4) et les mêmes voies de formalisation et de littéralisation (5) et de relation avec la recherche philosophique (6).

Conclusion

Ce problème du développement d'une ingénierie des situations sûres est donc partiel et modeste mais aussi difficile à résoudre aujourd'hui. D'un programme de recherche empirique et technologique qui viserait à le résoudre, on peut attendre la production de deux sortes de savoirs : des savoirs scientifiques et des savoirs technologiques.

Ces savoirs scientifiques, si leur construction passe par des recherches empiriques qui sont essentiellement de terrain, dépassent les particularités de ces terrains vers des concepts, des méthodes de construction de données et d'analyse et des modèles analytiques et synthétiques possédant divers niveaux de généralité.

Ces savoirs technologiques sont constitués de concepts pour la conception technique, organisationnelle et culturelle, de méthodes de conception et de test de sûreté avant et après conception et de principes et modèles pour la conception qui sont génériques à différents degrés. Si leur mise en pratique dans des situations particulières (1) est nécessaire à terme pour éprouver leur valeur et (2) est visée à terme, elle n'est pas nécessairement menée jusqu'au bout dans chacune des recherches particulières menées.

Les cadres de recherches scientifiques et technologiques susceptibles de contribuer à une ingénierie des situations sûres sont *a priori* divers, comme nous l'avons annoncé dès l'Introduction. Ce sont en France des laboratoires de recherche des instituts comme l'IRSN et l'INERIS, des écoles d'ingénieurs et des universités de technologie, des services de Recherche & Développement des entreprises concernées et, plus largement, des universités et de la recherche publique lorsqu'ils ne répugnent pas à conjointre la recherche technologique et la recherche scientifique.

Références

Donin N., Goldszmidt S., Theureau J. (2010) Instrumenter les opérations d'écoute analytique ? Un bilan du projet 'Écoutes signées' (2003-2006), Actes du *Congrès JIM 10*, 15 Mai, Rennes.

Goldszmidt S., Theureau J. (2010) Conception de situations d'assistance à l'écoute musicale et analyse de l'activité de composition musicale, In G. Valléry, M.C. Le Port, M. Zouinar (ss dir. de) *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés*, PUF, Paris, pp. 157-182.

Haué J.-B. (2003) *Conception d'interfaces grand public en termes de situations d'utilisation : le cas du Multi-accès*, Thèse de doctorat en contrôle des systèmes, Université de Technologie de Compiègne.

Rolina G. (2008) *Prescrire la sûreté, négocier l'expertise : la fabrique de l'expertise des facteurs humains de la sûreté nucléaire*, Thèse de doctorat de Sciences de Gestion, Université Paris Dauphine.

Rolina G. (2009) *Sûreté nucléaire et facteurs humains – La fabrique française de l'expertise*, Presses de l'École des Mines, Paris.

Theureau J. (2009) *Le cours d'action : Méthode réfléchie*, Octares, Toulouse (592 pages).