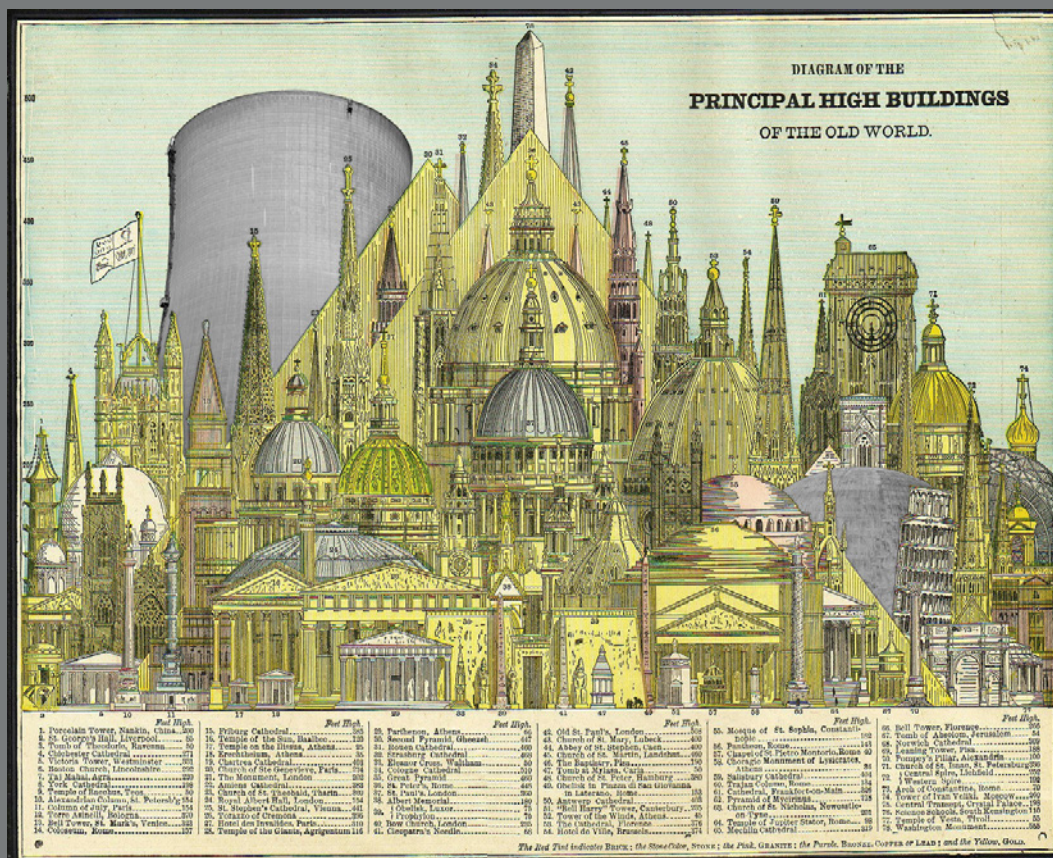


CENTRALES NUCLÉAIRES SUISSES :

DÉMANTELER LES CATHÉDRALES DU XX^e SIÈCLE



ENONCÉ THÉORIQUE - SAR - EPFL - JANVIER 2017

MERMILLOD EMILE

PROFESSEURS : VINCENT KAUFMANN & BERNARD CACHE

MAÎTRE EPFL : CATHERINE DE WOLF

Je remercie André Durussel pour son intérêt pour mon travail, pour son temps, pour son témoignage précieux sur l'histoire du nucléaire en Suisse, et pour ses archives.

Je remercie Vincent Kaufmann pour la confiance placée en moi, pour son enthousiasme, et la manière dont il a entretenu le mien.

Je remercie mon petit glaçon, patiente relectrice, et soutien moral indéfectible.

Je remercie Georges et Eveline pour le soutien à mes études, pour la sensibilité à la nature qu'ils ont essayé de me transmettre.

Je remercie aussi Quentin pour avoir entretenu mes rêves d'utopie, et pour son rôle de sparring partner.

fig a. Montage intégrant les centrales nucléaires aux grandes constructions de l'histoire, on remarque à droite le dôme du bâtiment-réacteur, tout à fait semblable aux coupoles d'église.

CENTRALES NUCLÉAIRES SUISSES :

DÉMANTELER LES CATHÉDRALES DU XX^e SIÈCLE

ENONCÉ THÉORIQUE - SAR - EPFL - JANVIER 2017

MERMILLOD EMILE

PROFESSEURS : VINCENT KAUFMANN & BERNARD CACHE

MAÎTRE EPFL : CATHERINE DE WOLF

Manifeste	8
Genèse	12
Une superstition radioactive	13
Le Mythe	18
Exorcisme, de l'atomique militaire au nucléaire civil	22
Âge Nucléaire	28
Construire les temples de l'électricité	34
Le Rêve d'un réacteur Suisse	36
La Réalité des réacteurs industriels	44
Des architectes pour les centrales nucléaires	50
Implanter les centrales	56
Usines hydroélectriques et usines nucléaires	60
Anatomie	66
Une force invisible	67
Composition d'ensemble	70
Chœur-Sphère	74
Baptistère-Piscine	78
Nef-Halle des machines	79
Clocher-Hyperboloïde	81
Constructions profanes-Administration	89
Narthex, les mondes se rencontrent	91
Rituels et exploitation	96
A l'ombre des tours de refroidissement	97
Les servants du temple	102
Une machine qui ronronne	104

Destins	110
Abandons	111
Kaiseraugst	112
Beaucoup de projets abandonnés	118
Accidents	120
Des incidents mondiaux	121
Lucens, l'accident	125
Extinctions	130
Les centrales nucléaires suisses, en voie de disparition	131
Démantèlements	133
Origine et gestion des déchets	137
Lucens, scellée dans le béton	139
Mühleberg, préparations au démantèlement	142
Recyclages	144
Lucens, le recyclage	147
Perspectives de réutilisation en Suisse	150
 BEZNAU I & II	 154
MÜHLEBERG	156
GÖSGEN	158
LEIBSTADT	160
 Sauver les cathédrales du XXème siècle	 166
 Bibliographie	 172
Iconographie	177
 Extraits entretien avec André Durussel	 186

RADIOACTIVITÉ. Nous avons peu de mots dans notre vocabulaire qui évoquent autant de peurs et de fantasmes. Même sans comprendre exactement les forces qui sont en jeu, tout le monde ou presque a un avis sur la question du nucléaire. Aujourd'hui, après une histoire mouvementée mais finalement courte à l'échelle de l'humanité, l'énergie nucléaire semble vouée à disparaître, en tout cas temporairement.

Comme souvent dans l'histoire de l'énergie nucléaire c'est un événement marquant qui en a infléchi l'évolution. Suite à l'accident nucléaire de Fukushima le 11 Mars 2011, un faisceau de pays se décide à abandonner définitivement l'énergie nucléaire. La suisse en fait partie, en acceptant le 21 mai 2017 la "stratégie énergétique 2050", dont une des mesures phares est l'interdiction de la construction de nouvelles centrales nucléaires sur le territoire suisse. Avec le vieillissement des centrales existantes et leur fermeture progressive, la Suisse deviendra de fait, d'ici une vingtaine d'années, un pays sans énergie nucléaire.

Mais les éléments radioactifs produits par l'activité des centrales nucléaires pendant les quelques années de leur fonctionnement ne sont pas concernés par les décisions humaines aux durées limitées:

MANIFESTE

1. Durée de la demi-vie du plutonium 239, d'autres matières radioactives ont des périodes radioactives différentes, qui peuvent être bien plus longues encore.

Allons-nous attendre 24'110 ans¹ pour que la seule demi-vie des isotopes produits se soit écoulée ? Allons-nous ensabler les centrales et attendre que le vent les révèle à d'autres civilisations ? Elles seront alors des ruines immémorielles, usées, mais encore mortelles.

Il y a deux manières de se déplacer dans le temps : le sommeil ou l'action. La solution que nous choisissons ne peut être qu'une solution où nous construisons nous même le futur que nous nous souhaitons, dès maintenant. Nous ne pouvons garantir l'étendue des connaissances des générations futures. C'est pourquoi il faut décontaminer dès maintenant, pendant que le savoir et la connaissance intime de ces lieux de pouvoir est encore dans nos esprits et dans nos mains.

Il s'agit donc de démanteler. Démanteler de l'intérieur à l'extérieur, en laissant les produits alchimiques aussi longtemps que possible scellés dans leurs sarcophages de béton. Ce seront les prêtres et les servants du lieu même qui officieront une dernière fois.

Les temples se videront de leurs objets de culte, mais leur âme continuera longtemps à planer dans les profondeurs de la pierre. Le long de notre Nil helvétique -l'Aar- les sanctuaires aux Dieux atomiques se transformeront en exuvies abandonnées. Mais qui tels Abou Simbel² se dresseront encore en fantastiques géants, nostalgiques.

2. D'après PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983, p5, ...les "pieds de Tout Ankh Amon" posés sur le bord du Rhône.

Certains proposent dans un geste qui révèle peut-être leur culpabilité, de raser jusqu'au dernier parpaing de ces monuments d'ingénierie et de volonté. Et, après avoir effacé toute trace de leur existence, ils rendront ces terres à la nature. Celle-là même qui dix fois déjà fut modifiée, aménagée et puis oubliée. Les centrales n'ont pas poussé comme des champignons dans les prairies immaculées de notre beau pays. Nos pyramides helvétiques se sont élevées le long de notre fleuve nourricier, en des lieux déjà marqués par l'homme, sur des terres déjà labourées de volontés prométhéennes. L'eau y a été domptée, la terre gagnée, les marais asséchés, bien avant l'arrivée des centrales.

Les centrales ont symbolisé des volontés multiples et ont été le lieu de l'exploration de la matière même qui fait notre univers. Les tours de refroidissement ont enraciné leur pied longtemps dans la terre bernoise, schaffhousoise, suisse. Leur galbes de statues se confondent avec les courbes boisées et comme des géantes endormies elles ne demandent maintenant plus qu'à être le paysage³.

3. D'après la formule de PARENT, Claude, *L'Architecture et le nucléaire*, Editions du Moniteur, Paris, 1978. p30

Nos temples⁴ de béton et de peur doivent rester debout. Ils sont les dépositaires de notre mémoire, ils sont les témoins nécessaires de notre orgueil. Ce sont les jalons qui nous disent : ceci a été, mais aussi, ceci est une chose qui doit être surmontée⁵.

4. Un des premiers modèles de centrale nucléaire développé par Claude Parent se nomme *Temples*.

Et pourtant vous croyez encore que vous pourrez vous y promener comme des vacanciers mal habillés à Karnak? Ces lieux n'ont jamais été de lieux de tranquillité, de tourisme.

5. D'après la formule de Friedrich Nietzsche dans Ainsi parlait Zarathoustra, à propos de l'homme et du surhomme

Le cœur des centrales restera pour plusieurs éternités encore, un sanctuaire froid marqué par son face-à-face avec le Dieu-méduse⁶. Celui qui tue par l'altération profonde de la matière, par la métamorphose. Les humains n'y sont que de passage. Le reste des installations a toujours été un lieu d'activité pour les hommes, et il devra certainement en accueillir à nouveau. Mais pas à la manière d'une occupation symbolique, où l'importance passée du lieu serait un prétexte à tous les outrages du présent. Simplement un lieu où les hommes peuvent travailler, se rencontrer, se recueillir, rire, en profiter comme d'un paysage accueillant.

6. Le magma radioactif à Tchernobyl est si mortel qu'une observation directe pendant plus de quelques secondes peut provoquer la mort.

Comme en entrant dans une cathédrale ils ôteront leur chapeau, et dans la fraîcheur du béton, à leur tour ils prendront racine.

GENÈSE

fig a. Célébration après une campagne d'essais atomiques, avec un cake-champignon nucléaire, en 1946.



GENÈSE

d'une force vitale à une énergie électrique

L'énergie nucléaire se révèle de la plus brutale des manières le 6 août 1945 ; le bombardement atomique d'Hiroshima marque l'entrée du monde dans une ère nouvelle, alimentée par une énergie inédite, celle de l'atome.

Entre cette première utilisation militaire de l'énergie atomique et la construction généralisée de centrales nucléaires à travers le monde, il s'écoule environ une génération. Mais, avant même la diffusion internationale des techniques liées au nucléaire, on peut retracer une histoire essentiellement symbolique de la radioactivité. La radioactivité telle qu'elle est connue au début du XX^e siècle, se développe sur un terrain intellectuel qui lui est favorable. En effet, elle répond aux attentes ancestrales de l'homme quant à la maîtrise de la matière par la transmutation et l'arrivée d'un âge d'or. Lorsque dans les années 50 les techniques liées au nucléaire produisent leurs premières applications civiles, ces rêves de maîtrise de la matière peuvent se déployer dans toute leur force. Néanmoins, ces ambitions sont entravées par la proximité de l'énergie nucléaire avec les forces militaires. Des opérations de relations publiques dès 1955, permettent de faire oublier cette parenté coupable. Les conférences et les promesses des conférences d'*Atomes pour la paix* permettront à l'humanité de rentrer enfin dans l'*âge atomique* dans les années 60.

UNE SUPERSTITION RADIOACTIVE

avant 1945

Avant la découverte scientifique du noyau atomique, Lucrèce il y a plus de vingt siècles pouvait dire avec la seule force du raisonnement et de l'imagination:

*“Aucune forme donc ne monte à la lumière
Sans un concours certain de force et de matière ;
Chaque atome renferme une énergie en soi,
Un pouvoir immanent et fixe. Et c'est pourquoi
Toute chose ne peut naître de toute chose.”¹*

1. LUCRECE, (Traductions Nisard Charles), *De la nature des choses*, Paris, 1868, p10

Ainsi, l'idée d'une force secrète contenue au cœur de la matière et la possibilité de la transmutation n'ont pas attendu la science moderne pour fasciner les hommes.

L'existence de l'atome fut progressivement démontrée au XVIII^e siècle, notamment par les contributions de Dalton et de Lavoisier. Le mot **atome** vient du grec ancien *átomos*; insécable. Il signifie d'après le Littré:

“Corps hypothétique que l'on suppose être indivisible à cause de sa petitesse, et constituer les dernières parties de toute chose.”²

2. D'après le Littré en ligne, <https://www.littre.org/definition/atome>

Mais la version revue en 1960 du même Littré propose une définition différente:

“Système de particules constituant l'unité élémentaire d'un corps simple. Ce système comprend un noyau autour duquel gravitent des électrons.”³

3. LITTRÉ, Émile, *Dictionnaire de la langue française*, Editions Universitaires, Paris, 1963

L'aspect *insécable* ou *indivisible* au cœur des premières définitions (et sous-entendu par Lucrèce) sera fondamentalement remis en cause par les découvertes du début du XX^e siècle.

La **radioactivité** fut découverte par Henri Becquerel en 1896 à l'aide d'une expérience simple et efficace. Des plaques photographiques non exposées à la lumière révèlent des traces lorsqu'elles sont mises en contact avec des sels d'uranium. On montre ainsi que l'uranium a émis un rayonnement qui, bien qu'invisible, ressemble à de la lumière.

Le pas décisif pour remettre en cause le statut *indivisible* de l'atome est lié aux expériences menées par Ernest Rutherford et Frederick Soddy en 1901. Ils montreront que les réactions de radioactivité sont dues à un changement fondamental à l'intérieur de la matière⁴. L'altération de la nature des atomes et leur décomposition les amènera à parler de **transmutation**.

Rapidement les scientifiques déterminent l'**énergie** contenue dans la matière radioactive et réalisent que celle-ci est faramineuse.

*"By the 1920s, when one or another magazine remarked that a bottle of uranium might propel a steamship across an ocean, it was repeating a tired cliché known to schoolchildren around the world."*⁵

On imagine alors disposer d'un pouvoir double; profiter à la fois de l'énergie immense contenue dans les atomes et avoir la possibilité de changer leur nature. La combinaison de ces deux promesses rend possible les rêves les plus fous. La civilisation moderne étant bâtie sur l'énergie⁶, une révolution de l'énergie ne peut être qu'une révolution de la société. Frederick Soddy voit dans la transmutation une révolution plus grande encore. Dans son livre *The interpretation of Radium* il explique que *"A race which could transmute matter would have little need to earn its bread by the sweat of his brow."*⁷ Le nouvel homme est-il en passe de s'échapper de Dieu?

La filiation de la recherche sur la transmutation de l'atome avec l'alchimie médiévale est acceptée par certains scientifiques, notamment par Soddy. L'impression d'avoir *"résolu le fameux problème des alchimistes"*⁸ est répandue. Mais pour résoudre ce problème, changer les caractères fondamentaux de la matière ne suffit pas. En effet, il ne s'agit pas seulement d'un problème de *transmutation*, l'alchimie est aussi une *quête spirituelle*...

"Certains écrivains allaient même plus loin, indiquant que la vérité de l'or alchimique serait trouvée dans le perfectionnement de l'esprits non seulement de l'individu, mais de tout le monde. Transmutation au sens le plus large signifiant

4. WEART, Spencer R., *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p3

5. *ibid.*, p 6 *Dans les années 1920, lorsque l'un ou l'autre magazine fit remarquer qu'une bouteille d'uranium pouvait propulser un bateau à vapeur à travers l'océan, il ressassait un cliché fatigué connu des écoliers du monde entier.

6. *ibid.*, p 4

7. *ibid.*, p4 *Une race capable de transmuter la matière n'aurait plus besoin de gagner son pain à la sueur de son front pastiche d'un verset de la genèse

8. *ibid.*, p7

atteindre un monde de justice, de paix et d'abondance, un monde décrit dans les légendes et connu dans la culture occidentale, sans coïncidence, comme l'Âge d'Or.⁸"

Les possibilités réelles de transmutation que semble apporter la radioactivité, annoncent donc pour de nombreux auteurs cet *âge d'or* longtemps espéré. Pourtant il n'est que rarement fait mention d'une élévation des *esprits* dans ces discours autour de la radioactivité: le message alchimique a été simplifié.

L'idée que la lumière est source de vie et de force est une idée ancestrale. Au début du XIX^e siècle, avant les travaux de Pasteur, nombreux imaginent encore que l'électricité ou les rayons du soleil peuvent littéralement produire la vie, par génération spontanée. Ces concepts, bien que réfutés scientifiquement avant le début du XX^e siècle, sont encore influents⁹.

L'effet sur le corps humain de la radioactivité est découvert par une expérience fortuite de Becquerel, confirmée par Pierre Curie. En mettant en contact de la matière radioactive avec la peau pendant un certain temps, on "*constate une rougeur, qui se transforme en quelques jours en une plaie, semblable à une brûlure*¹⁰." Peu après avoir constaté l'effet de la radioactivité sur des cellules saines, Becquerel et Curie découvrent que les cellules cancéreuses réagissent plus intensément aux rayonnements radioactifs, ouvrant la voie à des traitements du cancer par la radioactivité. "*Radium did prove helpful in reducing certain skin cancers and tumors, for if the rays were harmful to ordinary flesh, they were far more harmful to some type of cancer cells.*¹¹" On découvre alors de la radioactivité dans certaines sources thermales.

"The ancient transmutational imagery had included visions of primeval light and the creation of the world; as if in confirmation, excited physicists pointed

8. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p8

9. CHARBONNAT, Pascal, *La naissance du concept de génération spontanée en France au 18^e siècle*, Colloque international Les Lumières et l'idée de Nature, Oct 2008, France.

10. BASDEVANT, Jean-Louis, *Maîtriser le nucléaire: sortir du nucléaire après Fukushima*, Eyrolles, 2012 p16

11. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p22 "*Le radium s'est montré efficace pour réduire certains cancers et tumeurs, et si les rayons étaient dangereux pour la chair saine, ils l'étaient bien plus pour certains types de cellules cancéreuses.*"

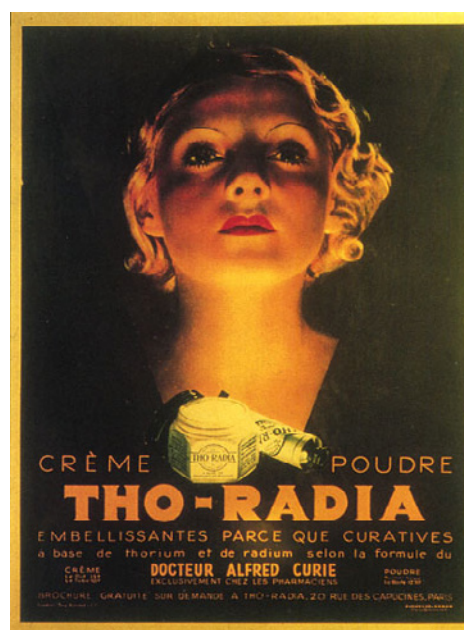


fig b. la publicité emblématique de la crème de visage Tho-Radia, au radium

12. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p25
 *L'image ancienne de la transmutation comprenait des visions de la lumière primitive, ainsi que la création du monde; les physiciens excités soulignèrent que depuis des temps immémoriaux, le radium émettait de la lumière tandis qu'il se transmutait, confirmant qu'il contiendrait les énergies de la création originelle.

*out that for countless ages radium had been emitting light while transmuting, as though it contained the energies of the original creation. When doctors reported that the atomic rays could heal, they seemed only to confirm that radioactivity meant life-force.*¹² “

Dans un monde qui connaît de multiples traditions intellectuelles qui anticipent un matériau capable de résoudre ses problèmes, la radioactivité apparaît logiquement comme une solution miraculeuse et nécessaire.

Seul matériau naturellement très radioactif disponible, le **radium** découvert en 1898, concentre tous les espoirs liés aux pouvoirs de la radioactivité. On utilisera le radium absolument partout, tous les domaines de la vie étant susceptibles d'être améliorés par ce produit miracle, véritable *élixir de vie*. On mettra du radium dans les crèmes de peau **fig b** pour rester jeune, dans le dentifrice pour avoir des dents saines, dans les aiguilles de montre pour qu'elles brillent dans la nuit, dans les préservatifs **fig d** pour stimuler la vigueur sexuelle, dans les clochers d'église pour éloigner la foudre, etc. La foi du public dans les qualités du Radium semble faire oublier tout sens critique dans l'utilisation dans son utilisation.

Globalement les quantités utilisées étaient extrêmement faibles à cause du prix du matériau. Les dangers de cette radioactivité étaient donc limités pour le grand public¹³. Ce n'est pas le cas pour les *radium girls* dans les années 1920, qui travaillent quotidiennement au contact de la peinture au radium dans l'industrie. Elles seront les premières victimes reconnues de la radioactivité, bien que leurs employeurs cherchèrent dans un premier temps à étouffer l'affaire. Ces femmes, qui recevaient la consigne de corriger la pointe du pinceau avec les lèvres, développeront de terribles cancers à la mâchoire.

Ces premières découvertes du danger de la radioactivité n'entament pas l'enthousiasme général. Les premières oppositions au développement d'une énergie nucléaire se font sur un plan symbolique. La faute en est d'abord aux technologies encore balbutiantes autour de l'énergie atomique. Il est difficile d'avoir un débat précis sur une technologie qui produit peu de réalisations tangibles. De plus, tant les qualités de transmutation alchimique que de création de vie que l'on attribue aux éléments radioactifs évoquent un mysticisme teinté de science, plaçant également les oppositions à cette technologie sur un plan symbolique.

13. On cite tout de même le cas d'hommes très riches qui ont eu des problèmes de santé à cause des grandes quantités de fortifiants au radium qu'ils ingéraient.

La peur ancestrale d'un rayon malfaisant, du mauvais œil, sera réactivée par les annonces des effets de la radioactivité, en particulier son effet rayonnant. En effet, la possibilité d'un danger invisible capable d'atteindre l'homme à distance terrorise. Au-delà des superstitions, ce danger étant lié aux caractéristiques mêmes de la radioactivité, il est toujours d'actualité.

En 1937, la réglementation des produits toxiques évolue en France. Si le radium n'est pas interdit, l'obligation d'indiquer leur caractère toxique provoque un abandon progressif des produits au radium. On continuera tout de même longtemps à l'utiliser pour ses effets luminescents, particulièrement en horlogerie. On trouve ainsi en Suisse d'anciennes horlogeries polluées au radium.

La popularité de ces rêves a été rendue possible par des croyances communes au monde occidental. Lorsque les possibilités de la fission nucléaire seront connues et se diffuseront dans le monde, les fantasmes de maîtrise de la nature réapparaîtront, toujours soutenues par un mysticisme et des croyances ancestrales à peine conscientes.



fig c & d. publicité pour des sous-vêtements radioactifs, et une boîte de préservatifs au radium

LE MYTHE

1945

En 1945, des mythes à propos des pouvoirs de la radioactivité circulaient depuis une cinquantaine d'années déjà. Mais ces mythes seront pour la première fois rassemblés dans une narration cohérente et travaillée en août 1945 à travers les déclarations du président des Etats-Unis, Harry Truman. Cette narration sera organisée par le gouvernement des Etats-Unis qui cherchera à justifier le rôle central du pays en matière de nucléaire.

Les miracles fondateurs sont l'essai nucléaire de Trinity le 16 juillet et les bombardements nucléaires du 6 et 9 août. Ses évangiles sont les déclarations présidentielles américaines qui suivront les deux bombardements et le rapport Smyth publié le 12 août 1945.

Les Etats-Unis lancèrent le projet Manhattan dès 1939, dont le but sera la création d'une bombe atomique. Ce sont les travaux du projet Manhattan qui permettront la première réaction de fission provoquée puis auto-entretenu le 2 décembre 1942 dans le réacteur expérimental de Stagg Field à Chicago. Cet essai démontre la possibilité réelle d'entretenir une réaction en chaîne¹. Les développements ultérieurs du projet Manhattan permettent d'atteindre l'objectif fixé, la construction d'une bombe atomique avant l'Allemagne nazie. Devant les incertitudes quant à son fonctionnement, la première bombe fut finalement testée dans le désert plutôt qu'être directement utilisée pendant la guerre. L'essai nucléaire Trinity sera réalisé le 16 juillet 1945. Son nom est une "référence explicite au terrifiant mystère de la divinité."² "La conscience aiguë de manipuler des forces cosmiques est explicitée par Oppenheimer lors de ce premier essai nucléaire, il explicitera ses pensées lors de l'essai:

"We knew the world would not be the same. A few people laughed, a few people cried, most people were silent. I remembered the line from the Hindu scripture, the Bhagavad-Gita. Vishnu is trying to persuade the Prince that he should do his duty and to impress him takes on his multi-armed form and says, 'Now, I am become Death, the destroyer of worlds.' I suppose we all thought that one way or another."³

1. LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986, p26

2. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p53

3. De nombreuses variantes de cette citation existent, un indice de plus de la manipulation des récits. <http://www.atomicarchive.com/Movies/Movie8.shtml> **"Maintenant je deviens la mort, le destructeur des mondes."*

Le monde partage jusqu'en 1945 une connaissance inégale de l'existence des phénomènes nucléaires. En effet, les pays touchés par la mode du radium y sont familiers, mais dans d'autres régions la connaissance de la radioactivité est réservée à une certaine élite scientifique.

Avec les bombardements atomiques, les Etats-Unis synchronisent le monde autour du nucléaire en mettant en scène de manière planétaire un acte de guerre. Ainsi, les allocutions présidentielles à vocation informative font le tour du monde et diffusent également un message hautement politique. En effet, les déclarations du président Harry Truman qui accompagnent la nouvelle des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki proposent une interprétation clés-en-mains de ces événements. Elles réunissent les ingrédients nécessaires à l'élaboration d'un mythe nucléaire, proposant à cette fin une première narration de l'aventure nucléaire.

Dans le discours d'Harry Truman les sujets évoqués lors de la fièvre du radium réapparaissent, réinterprétés. Les rêves de transmutation de la matière sont maintenant envisageables à grande échelle:

*"It is an atomic bomb. It is a harnessing of the basic power of the universe. The force from which the sun draws its power has been loosed against those who brought war to the Far East."*⁴ La filiation entre les forces naturelles presque divines et celle utilisée dans les armes nucléaires est ainsi totalement assumée. Avec la réalisation des bombes atomiques, le fantasme d'utiliser l'énergie immense contenue dans les atomes se réalise.

4. Discours de Harry Truman le 6 août 1945, <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=12169>

**C'est une bombe atomique. Elle maîtrise le pouvoir fondamental de l'univers. La force de laquelle le soleil tire son pouvoir a été lâchée contre ceux qui ont amené la guerre en Extrême-Orient.*



fig e & f. Photo de l'essai nucléaire de Trinity une fraction de secondes après sa détonation. On remarque la sphère qui apparaît -déjà- et qui réapparaîtra dans certains réacteurs, comme ici dans celui de Chinon, parmi les premiers construits en France.

5. Discours de Harry Truman le 6 août 1945, <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=12169>

*L'énergie atomique pourrait dans le futur compléter le pouvoir qui vient actuellement du charbon, du pétrole, et de l'eau, mais pour le moment, elle ne peut pas être produite afin d'être compétitive commercialement.

6. *ibid.*, *Mais dans les conditions actuelles, il n'est pas prévu de divulguer les techniques de production ou les applications militaires, dans l'attente de méthodes de protection nous pour nous et le reste du monde, des dangers d'une destruction soudaine.

*"Atomic energy may in the future supplement the power that now comes from coal, oil, and falling water, but at present it cannot be produced on a basis to compete with them commercially. Before that comes there must be a long period of intensive research."*⁵

On annonce ainsi le futur développement civil des technologies nucléaires, tout en montrant une conscience des difficultés à venir.

Une nouvelle face de l'énergie nucléaire apparaît avec ses développements militaires, c'est *la culture du secret*. Développé en pleine guerre mondiale, le projet Manhattan s'est constitué dans un secret militaire important et légitime, qui n'empêchera pourtant pas les espions soviétiques de s'y intéresser. Sans doute dans une anticipation des futures guerres contre les forces communistes, le secret technologique entourant les développements de l'arme nucléaire est amené à se perpétuer. Dans ce but, la science sera sévèrement encadrée:

*"It has never been the habit of the scientists of this country or the policy of this Government to withhold from the world scientific knowledge. Normally, therefore, everything about the work with atomic energy would be made public. But under present circumstances it is not intended to divulge the technical processes of production or all the military applications, pending further examination of possible methods of protecting us and the rest of the world from the danger of sudden destruction."*⁶

Ainsi, aux arguments stratégiques s'est ajoutée l'idée d'éviter au monde une destruction subite. Cette peur d'un Armageddon nucléaire fera partie intégrante des angoisses liées aux technologies nucléaires pendant de nombreuses années encore. Que ce soit par une destruction globale, un hiver nucléaire, une pollution totale, on peine à imaginer une autre technologie qui puisse évoquer des scénarios aussi apocalyptiques que celle de l'énergie nucléaire. Il semble qu'aujourd'hui cette peur tende à être supplantée par celles des pollutions liées aux déchets radioactifs.

Aux déclarations présidentielles s'ajoute rapidement la publication par les Etats-Unis, d'un document: ***A General Account of the Development of Methods of Using Atomic Energy for Military Purposes***. Comme son nom l'indique, c'est un important document de vulgarisation et d'information sur

l'état des connaissances sur le nucléaire, en particulier sur la bombe nucléaire. Face aux preuves du bombardement atomique, il semble vain de vouloir cacher plus longtemps tout ce qui touche au nucléaire. La sortie du rapport à peine trois jours après le bombardement de Nagasaki montre que cette opération de communication capitale était en réalité préparée de longue date. Le rapport Smyth (surnommé d'après le nom de son auteur, physicien du projet Manhattan, Henry DeWolf Smyth) donne donc un certain nombre de renseignements sur le nucléaire et les bombes nucléaires en particulier. Il ne donne pas une information complète et objective sur les questions auxquelles il prétend répondre.

“Sa [du rapport Smyth] remarquable force de persuasion repose sur la combinaison d'une narration événementielle à tendance épique avec un exposé théorique ardu et riche en révélations factuelles contrôlées.”⁷

La masse d'informations données permet d'occulter le silence sur certains points capitaux, préservant ainsi le secret autour des avancées technologiques liées au nucléaire.

Au-delà de son rôle informatif, le rapport Smyth accompagne certaines décisions légales. Pour encadrer le secret militaire qui continue de s'établir, il définit l'exacte connaissance disponible pour le public.

“Le rapport Smyth prétendait circonscrire des connaissances autorisées par le même acte qui les révélait au non-initiés.”⁸

Ainsi tout ce qui fait partie du rapport est de notoriété publique, et tout ce qui n'en fait partie est classifié secret défense. On peut le voir comme une sorte de petite bible du nucléaire, puisqu'elle contient un texte que tout le monde est encouragé à étudier. Par contre, les textes qu'elle ne contient pas sont apocryphes et interdits.

Avec le radium le débat était limité, puisque ses développements étaient essentiellement théoriques. Après les premières bombes nucléaires le débat restera limité, cette fois par le secret militaire.

La création d'un mythe autour du nucléaire a été une décision politique des Etats-Unis destinée à encadrer le développement de cette énergie. Il a permis de faire des actes de guerre des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, le point culminant d'une aventure que seuls les Etats-Unis étaient capables de mener à bien.

7. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p19

8. *ibid.*, p18

EXORCISME: DE L'ATOMIQUE MILITAIRE AU NUCLÉAIRE CIVIL

1945-1955

1. D'après les versets d'Isaïe, 2:4, voir p29

"et ils transformèrent leur épées en charrues"¹

2. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p20

Pour aborder la question du passage au nucléaire civil, il peut être nécessaire de rappeler que *la radioactivité ne représente pas vraiment l'énergie de l'atome mais plutôt celle du noyau (nucleus). On devrait donc plutôt parler d'énergie nucléaire que d'énergie atomique.*²

3. Pour des questions de confort de lecture, en dehors de ce chapitre, nous utiliserons alternativement nucléaire et atomique, comme le font la plupart des publications à ce sujet.

Or, ces deux termes sont le plus souvent utilisés alternativement de manière arbitraire. Les termes d'*atome militaire* et de *nucléaire civil* sont donc un simple jeu sémantique cherchant à rendre visible une différence de nature qui fondamentalement n'existe pas.³ Le vocabulaire utilisé par les scientifiques qui travaillent autour du nucléaire est significatif lui aussi d'une proximité symbolique avec le monde militaire. Certains ont relevé la curieuse abondance de termes guerriers dans les opérations et instruments liés au nucléaire: *Canon, bombardement, blindage, enceinte, etc.*⁴

4. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p65

La recherche nucléaire faite au début du XX^e siècle avait produit des résultats importants, mais les moyens colossaux mis en œuvre pour réaliser le projet Manhattan éclipsent tous les développements techniques antérieurs. En effet, il utilise à l'époque les ressources matérielles et intellectuelles du pays le plus puissant du monde dans un objectif purement militaire. Les développements techniques et théoriques de la physique nucléaire avaient alors pour vocation d'être utiles à l'accomplissement du projet Manhattan et ainsi rendre possible la Bombe. Une fois cet objectif atteint, et la guerre terminée (en partie justement par l'accomplissement du projet Manhattan, puisque les bombardements permettent la capitulation du Japon⁵), la technologie nucléaire peut être utilisée à d'autres fins. Mais il n'est pas facile de reconverter les technologies développées purement pour des usages militaires. De plus, face au discours presque messianique de libération de l'homme par l'énergie nucléaire on trouve une opposition aux accents quasiment religieux. Pour les opposants:

5. Bien que la nécessité des bombardements soit encore vivement controversée parmi les historiens.

*"Le grand péché originel, [...] était le bombardement d'Hiroshima."*⁶

6. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p100

La première utilisation à grande échelle de l'énergie atomique étant absolument meurtrière, elle jette un soupçon terrible sur cette technologie. Difficile de croire qu'elle amènera un avenir meilleur lorsque son seul fait de gloire est l'annihilation de deux villes et la mort de plus de 100'000 personnes.

Même sans être liées directement à la bombe nucléaire, les technologies qui naissent ensuite dans ce domaine restent dans un premier temps à usage militaire avant d'essaimer ailleurs. Le premier sous-marin à propulsion nucléaire, le *Nautilus* lancé en janvier 1954 en est le parfait exemple. Avant même d'avoir des réacteurs civils, on installe un réacteur dans un sous-marin militaire d'attaque. Ainsi, dans la première centrale nucléaire pour la production d'électricité aux Etats-Unis inaugurée en septembre 1954 à Shippingport, le réacteur *"...dérivait directement d'un réacteur à usage militaire, destiné à la propulsion des sous-marins. [...] ce réacteur allait constituer la tête de la filière des centrales dit PWR, la plus répandue actuellement [...]. Preuve une fois de plus que la vitesse des développements technologiques de ce domaine furent liés avant tout aux usages militaires, et que ceux-ci ont imprimé leur marque sur tout le développement de la filière."*⁷ Le réacteur à eau pressurisée de la centrale de Shippingport et celui du *Nautilus*, sont développés par la société Westinghouse qui jouera aussi plus tard un rôle dans l'évolution du nucléaire en Suisse, notamment en étant à l'origine du réacteur de la centrale de Beznau.

7. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p75

Après les bombardements atomiques au Japon, la culture du secret autour de l'atome instaurée par les Etats-unis est effective pendant presque 10 ans. Mais au-delà des difficultés techniques rencontrées par le développement des réacteurs, le nucléaire doit, pour se démocratiser, surmonter un important problème d'image. En effet, l'origine du nucléaire civil se trouvant dans le programme militaire, celui-ci est contaminé. Pire, le monde entier connaît cette technologie avant tout à travers les bombardements atomiques au Japon. Hiroshima et Nagasaki imprimeront durablement l'imaginaire des gens, et l'industrie nucléaire civile naissante aura toutes les peines du monde à effacer cette image de la mémoire collective. A défaut de pouvoir le faire de manière satisfaisante, elle cherchera à mettre en évidence la séparation fondamentale qu'il existerait entre l'*atome militaire* et le *nucléaire civil*. A cette fin, une opération de communication décisive aura lieu en 1955 sous la forme d'un cycle de conférences à Genève: *Atoms for peace*.

Le contrôle des Etats-Unis sur la science nucléaire et les matières radioactives a montré ses limites dans le courant des années 50. Alors qu'un embargo des Etats-Unis sur les matériaux radioactifs devait leur assurer une immense avance sur les autres pays en matière de développement de programme nucléaire, le programme soviétique avance rapidement. L'URSS réalise un premier essai réussi de bombe atomique en août 1949.

De plus, les Etats-Unis ne peuvent contrôler efficacement la revente des produits des mines d'uranium du monde entier. Le blocage international provoqué par les Etats-Unis les place aussi dans une position difficile vis à vis de leurs alliés, qui veulent eux aussi prétendre à la maîtrise de l'énergie nucléaire. Comment les autres pays *"pouvaient pas ne pas convoiter ce qui précisément était érigé en symbole de leur infériorité"*⁸? L'embargo semble alors difficile à maintenir, d'autant plus que *"les grandes compagnies multinationales américaines engagées dans ce secteur aux débouchés incalculables, désiraient visiblement s'émanciper de la tutelle étatique de Washington."*⁹ Ainsi, les Etats-Unis se doivent de réviser leurs positions concernant le commerce et la diffusion de leur connaissance du nucléaire.

Pour annoncer l'évolution de leur position, les Etats-Unis engagent plusieurs actions, d'abord un discours du président Eisenhower aux Nations Unies en 1953, puis les conférences d'*Atoms for peace* en 1955. Celle-ci devait être *"... une banale action de propagande ponctuelle, laquelle s'est transformée en une dynamique opération de "public relations" en faveur des applications commerciales de l'Atome."*¹⁰ Pour permettre l'utilisation généralisée de l'énergie nucléaire dans le domaine civil, il est vital de la purger de son image guerrière. Cette pacification de l'atome sera au cœur de ce qui sera appelé à dessein : *Atoms for peace*. A cette fin, les Etats-Unis proposent de mettre en commun une partie de leur uranium afin d'aider les pays en voie de développement à mettre sur pied un programme nucléaire. Le but affiché était d'utiliser l'énergie nucléaire comme un outil de pacification du monde, et en particulier une manière de réchauffer les relations avec le bloc soviétique.

*"Il s'avéra en outre que Washington demandait en contrepartie de son aide un savoir-faire et en cession de connaissances technologiques, un véritable droit de regard sur les recherches nucléaires des pays bénéficiaires. ...Paradoxalement donc, la levée du secret atomique américain devenait aussi un moyen de mieux percer les secrets des programmes nucléaires des autres."*¹¹

8. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p75

9. *ibid.*,

10. *ibid.*, p78

11. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p76

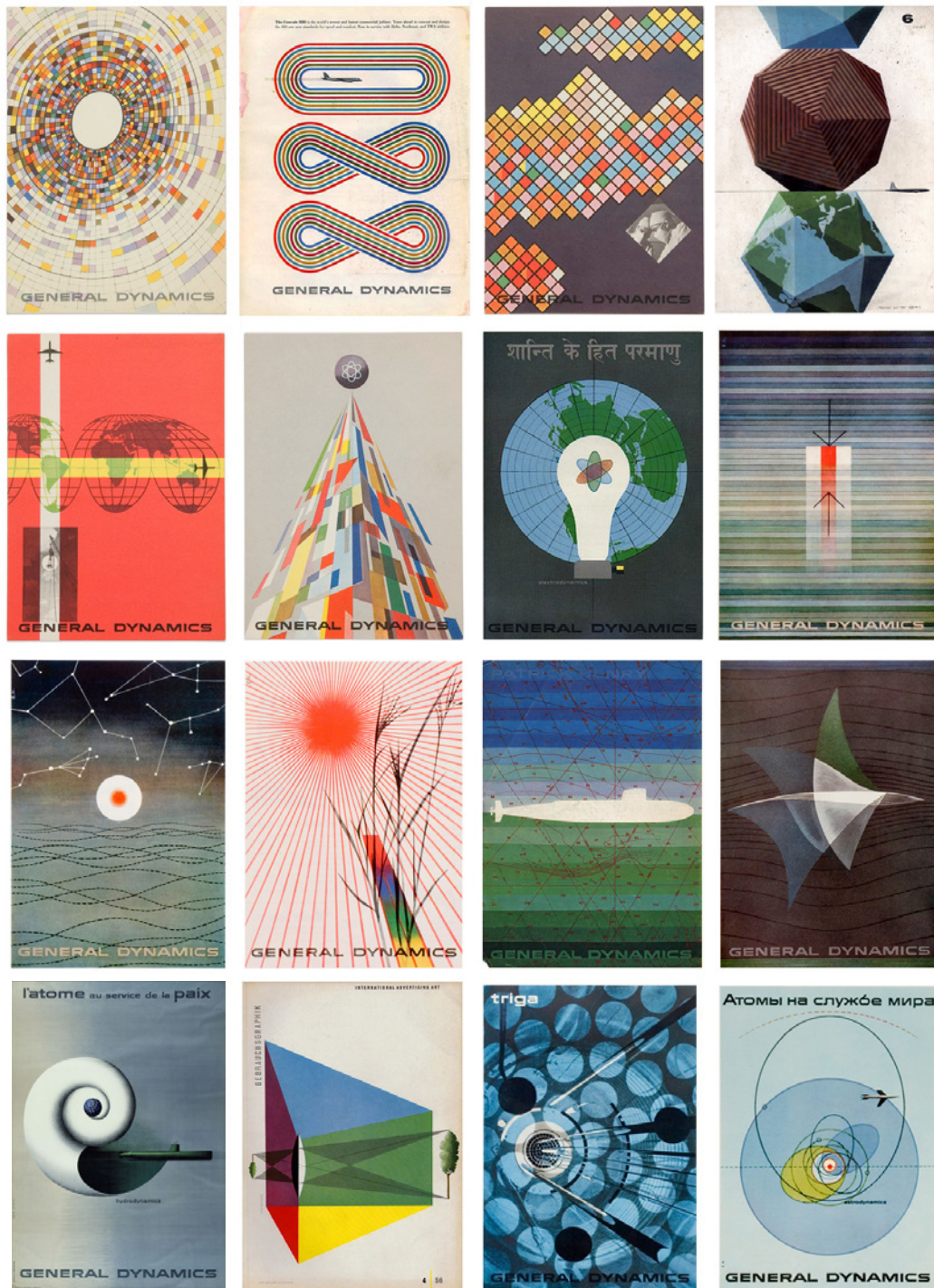


fig g. *Atoms for peace*, 1955, posters de l'entreprise General Dynamics qui travaillait sur plusieurs projets liés à l'atome. Cette campagne vise à affirmer le potentiel pacifique de l'atome, elle sera visible à *Atoms for peace*. On peut remarquer les différentes langues utilisées et la présence du *Nautilus*.

De nouvelles conditions sont donc établies pour le partage des connaissances sur la recherche nucléaire. Au-delà des considérations ayant pour ambition la paix dans le monde, les objectifs politiques des Etats-Unis sont ici essentiels dans l'évolution de leur diplomatie.

Mais l'énergie nucléaire reste un domaine particulier: même rendue à la société civile, l'énergie atomique reste dangereuse. Harry Truman le rappelle:

*"And here is the most important point of all. You cannot separate peacetime use of atomic materials from their potential military use. Atomic material in a power station is not far from being an atomic arsenal."*¹²

Ainsi, même réservés aux usages civils, les matériaux nucléaires peuvent être reconvertis à des fins guerrières. Pour les Etats-Unis c'est un risque énorme car cet arsenal potentiel, s'il venait à tomber entre des mains moins expérimentées, rendrait possibles toutes les catastrophes. Dans la continuité d'*Atoms for Peace*, une solution est trouvée par la mise en place de l'AIEA, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique. Ses objectifs sont *"de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier. Elle s'assure, dans la mesure de ses moyens, que l'aide fournie par elle-même ou à sa demande ou sous sa direction ou sous son contrôle n'est pas utilisée de manière à servir à des fins militaires."*¹³

Avec la conférence de Genève et avec la construction des premières centrales d'échelle industrielle on pourra enfin avoir un débat technique sur le nucléaire. Il va progressivement prendre la forme qu'il a encore aujourd'hui: une interminable querelle d'experts.

Il n'est pas extraordinaire que l'origine d'une technologie soit militaire. En effet, *"le partenariat entre le soldat, le mineur, le technicien et le scientifique est ancien. Considérer les horreurs de la guerre moderne comme le résultat accidentel d'un développement technique foncièrement innocent et pacifique, c'est oublier les faits élémentaires de l'histoire de la machine."*¹⁴ Sachant cela, il est sans doute injuste de discréditer toute la filière nucléaire pour son origine militaire. Mais il est indéniable que des choix techniques imposés par les applications militaires de l'atome ont durablement influencé l'atome civil. Et si le détail de

12. discours de Harry Truman aux démocrates du Wisconsin en 1949 <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/index.php?pid=13049> [...] **Avoir des matériaux atomiques dans une centrale de production électrique n'est pas éloigné de la possession d'un arsenal atomique.*

13. article II des statuts de l'AIEA, en 1989

14. MUMFORD, Lewis, *Technics and civilization*, University of Chicago Press, Chicago, 2010, p42

cette question dépasse largement le cadre de ce travail, on peut tout de même s'interroger sur les risques pour le public qui y sont liés. Par exemple, l'utilisation du thorium aurait pu mener à la fabrication de réacteurs structurellement bien plus sûrs que ceux à l'uranium, mais les possibilités militaires en auraient possiblement été réduites. Ainsi, certains jettent un soupçon sur toute la filière des réacteurs fonctionnant à l'uranium, qui aurait été choisie en grande partie pour sa capacité à produire des matériaux utiles pour la fabrication de bombes atomiques. Des choix techniques biaisés auraient été faits pour des bénéfices militaires, ce qui n'a pas été sans conséquences dans le développement d'un réacteur suisse et en particulier pour le réacteur expérimental de Lucens.

ÂGE NUCLÉAIRE

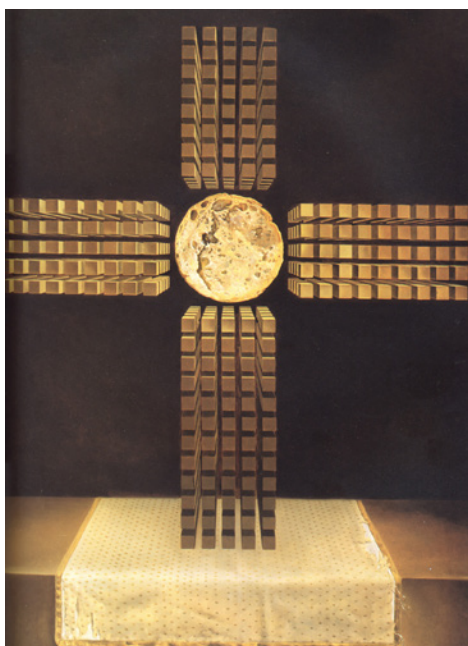
1955-1965

1. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p29

L'annonce du bombardement d'Hiroshima *révolutionne la manière habituelle d'envisager le réel*¹. La planète entière est concernée par cette technologie qui peut potentiellement la détruire: c'est la première fois que l'homme possède les moyens de son propre anéantissement. Si le monde est possiblement au bord de la destruction, il est également proche d'être sauvé par le pouvoir incroyable que le nucléaire donne à l'homme sur la nature. Ainsi, l'âge d'or atomique espéré avec la fièvre du radium semble enfin à portée de main. Alors que l'utilisation de l'énergie nucléaire était encore un rêve, certes abondamment relayé dans les années 20, la domestication de l'atome semble en passe d'être réalisée dans les années 50. Ces progrès rapides de la science, encourageant les pensées idéalistes, et rendent envisageables les développements les plus fous. Cependant, les rêves vont bien plus vite que les développements effectifs des technologies, ce sont donc les domaines de l'imagination et de la créativité qui utilisent les premiers le nucléaire comme source d'inspiration.

2. DALI, Salvador, *Manifeste Mystique*, dans *The Collected Writings of Salvador Dalí*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998, p365 *La crise paroxystique du mysticisme Dalinien repose surtout sur le progrès des sciences particulières à notre époque...

fig h. Salvador Dalí, *Croix Nucléaire*, la croix sacrée se décompose en atomes.



Ainsi, les artistes sont parmi les premiers à réagir aux annonces d'un monde nouveau. Salvador Dalí, se révèle en sismographe de son époque et sera puissamment ébranlé par l'explosion d'Hiroshima. "*The paroxysmal crisis of Dalinian mysticism mainly relies on the progress of the particular sciences of our times...*"²

Le monde a vibré avec les explosions nucléaires, révélant son architecture intime. Salvador Dalí en tirera une nouvelle mystique, une sorte de fusion entre le catholicisme et une foi dans la science nouvelle de l'atome. Il ne peut rester indifférent au culte étrange que l'homme porte à cette technologie.

Après les artistes, les designers se lancent dans la conception d'objets améliorés par l'énergie atomique. Dans le sillage du premier sous-marin nucléaire, on imagine des trains, des avions, des navires, des frigos... atomiques. Alors que les premières centrales nucléaires existent à peine, on imagine déjà avec optimisme leur miniaturisation jusqu'à les rendre domestiques.



fig. i. Ford Nucleon, maquette au 1/33 du prototype de voiture nucléaire.

Les brise-glaces atomiques qui apparaissent dès 1957 en URSS permet de traverser les mers de glace, même au cœur de l'hiver. Ils assurent rapidement un rôle vital dans la survie des communautés qui bordent les mers arctiques au nord de la Russie. Les piles atomiques permettent également à des structures très éloignées des réseaux conventionnels d'être autonomes³. De nombreux phares russes en sont équipés, ce qui permet à ces îlots isolés d'humanité d'exister malgré tout. Le nucléaire promet donc l'indépendance et un certain confort pour les habitants de lieux isolés. "*Virtually independent of fuel supplies, nuplexes [complexes nucléaires] could be dropped into jungle or tundra.*"⁴ On peut extrapoler en argumentant que dans ces cas, l'énergie nucléaire permet un rattachement symbolique à la Civilisation Humaine. De la même manière, les bains thermaux dans les plus éloignées et minuscules garnisons romaines leur assuraient un lien symbolique d'appartenance à l'ensemble de l'Empire Romain⁵.

Plus intense encore, on voit dans cet âge atomique des programmes nationaux aux Etats-Unis et en URSS qui utilisent les bombes nucléaires pour modifier l'environnement au profit de l'homme. Le nom du programme aux Etats-Unis est révélateur: *Operation Plowshares (Opération charrues)* il est significatif de la volonté de pacification de l'atome, se rapportant aux mots d'un verset d'Isaïe:

“ *They will beat their swords into plowshares
and their spears into pruning hooks.
Nation will not take up sword against nation,
nor will they train for war anymore.*”⁶

3. C'est encore l'énergie atomique qui permet à certaines sondes spatiales d'explorer l'univers. La sonde Voyager I, était en octobre 2017 à 21'008'710'000 kilomètres de la terre.

4. WEART, Spencer R, *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p177
* *Virtuellement indépendants d'apports de fioul, les nuplexes pourraient être posés dans la jungle ou dans la tundra.*

5. D'après le cours de ADAM, Jean-Pierre à l'EPFL, *Histoire de l'architecture I*

6. Isaïe 2:4 *Ils devront forger leurs épées en socs et leurs lances en cisailles. Une nation ne lèvera pas l'épée contre une nation, et ils n'apprendront plus la guerre.

On prétend utiliser les armes mêmes de la guerre pour rendre la terre fertile et habitable. Avant les moratoires sur les essais nucléaires, les deux pays utilisent donc les bombes nucléaires pour notamment former des lacs artificiels, créer des barrages, permettre des exploitations minières, creuser des canaux, excaver des cavités de stockage souterrains, etc. L'homme possède les moyens de bouleverser la nature à grande échelle et il va utiliser ce pouvoir pour l'aménager. Plusieurs centaines d'explosions nucléaires sont utilisées à ces fins jusqu'à la fin des années 70.

fig i, j & k. Vues d'artiste du creusement d'un canal relié à la mer, creusé à l'aide de bombes nucléaires.



Face aux promesses de l'énergie nucléaire dans tous les domaines il est difficile de résister à l'optimisme pour le nucléaire. Aucun accident nucléaire majeur n'a encore eu lieu. A part les bombardements nucléaires de 1945, peu d'éléments tangibles justifient la peur du nucléaire à cette époque. Les oppositions qui s'expriment sont donc purement liées aux caractères inquiétants d'une technologie capable de transmuter la matière ou de tuer les êtres vivants. Ces peurs diffuses et déjà présentes lors de la mode du radium s'expriment dans le miroir de notre inconscient, la culture. L'industrie du cinéma qui se développe à cette époque relayera abondamment les fantasmes et les peurs ancestrales que la mystérieuse technologie nucléaire évoque.

Godzilla est un film catastrophe sorti en 1954 au Japon, qui raconte le réveil d'un monstre destructeur. Ce monstre a ici une dualité significative par rapport aux peurs de l'atome, il est à la fois victime des essais nucléaires qui provoquent son réveil et lui-même une menace titanesque pour l'humanité⁷. On trouve aussi des récits de fourmis géantes, d'hommes transformés, de monstres difformes, tous produits par les radiations. Ces films évoquent de manière terrifiante la transmutation, exprimant l'idée qu'elle est une violation de l'ordre de la nature. L'idée d'une punition qui peut s'abattre sur sa descendance après la violation de l'ordre naturel est très présente dans les cultures traditionnelles.

7. WEART, Spencer R., *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012, p107

Ces peurs s'expriment en grande partie dans la culture populaire, par les films et les comics. Cette culture peut sembler anecdotique mais elle a sur le long terme un impact énorme sur la manière que les hommes ont d'appréhender cette technologie. Même si l'on est conscients du caractère fictif de tels médias leurs idées infusent notre imaginaire.

Au vu de ces éléments, il semble justifié de parler d'un âge nucléaire pour la période allant de 1945 à 1965, puisque l'arrivée de cette énergie a étendu autant les territoires physiques et techniques que les territoires de l'imaginaire de l'homme. Le climat scientifique et culturel lié autant aux découvertes atomiques qu'à la conquête spatiale produira une architecture particulière aux Etats-Unis, que l'on a appelé *Googie Architecture*. Cette architecture se caractérise par une exubérance, des couleurs vives, des courbes. Elle cherche à la fois des références aux accomplissements technologiques les plus avancés tout en montrant un certain historicisme évoquant le temps des pionniers⁸.

La terre elle-même peut attester de l'âge atomique, puisque les nombreux essais nucléaires réalisés à cette période, laissent une trace radiologique dans le sol. Cette contamination permettra pour des millions d'années, de reconnaître la strate géologique liée au XX^e siècle, et particulièrement la période des années 60.

Loin des peurs d'une partie de la population, le mythe d'une énergie nucléaire qui permet à l'homme de s'émanciper constitue petit à petit une religion. Elle a ses mythes fondateurs, ses prosélytes, et elle aura bientôt ses temples, qui seront des prototypes espérant chacun un jour révéler le plein potentiel de l'atome.

Cette comparaison des activités et du site nucléaire avec la religion est très répandue. Elle apparaît donc notamment dans les réflexions de Dalí, mais de nombreux auteurs s'approprient cette métaphore. Elle permet le plus souvent de faciliter les représentations mentales d'un sujet parfois difficile à expliquer. Fondamentalement on peut rapprocher de la religion notamment les aspects ritualistiques et sacrés des protocoles de sécurité, l'importance régionale d'édifices qui évoquent des cathédrales, les *croyants*⁹ et les *incroyants* du nucléaire qui se livrent des *guerres de religion*¹⁰...

8. <https://www.smithsonianmag.com/history/googie-architecture-of-the-space-age-122837470/>

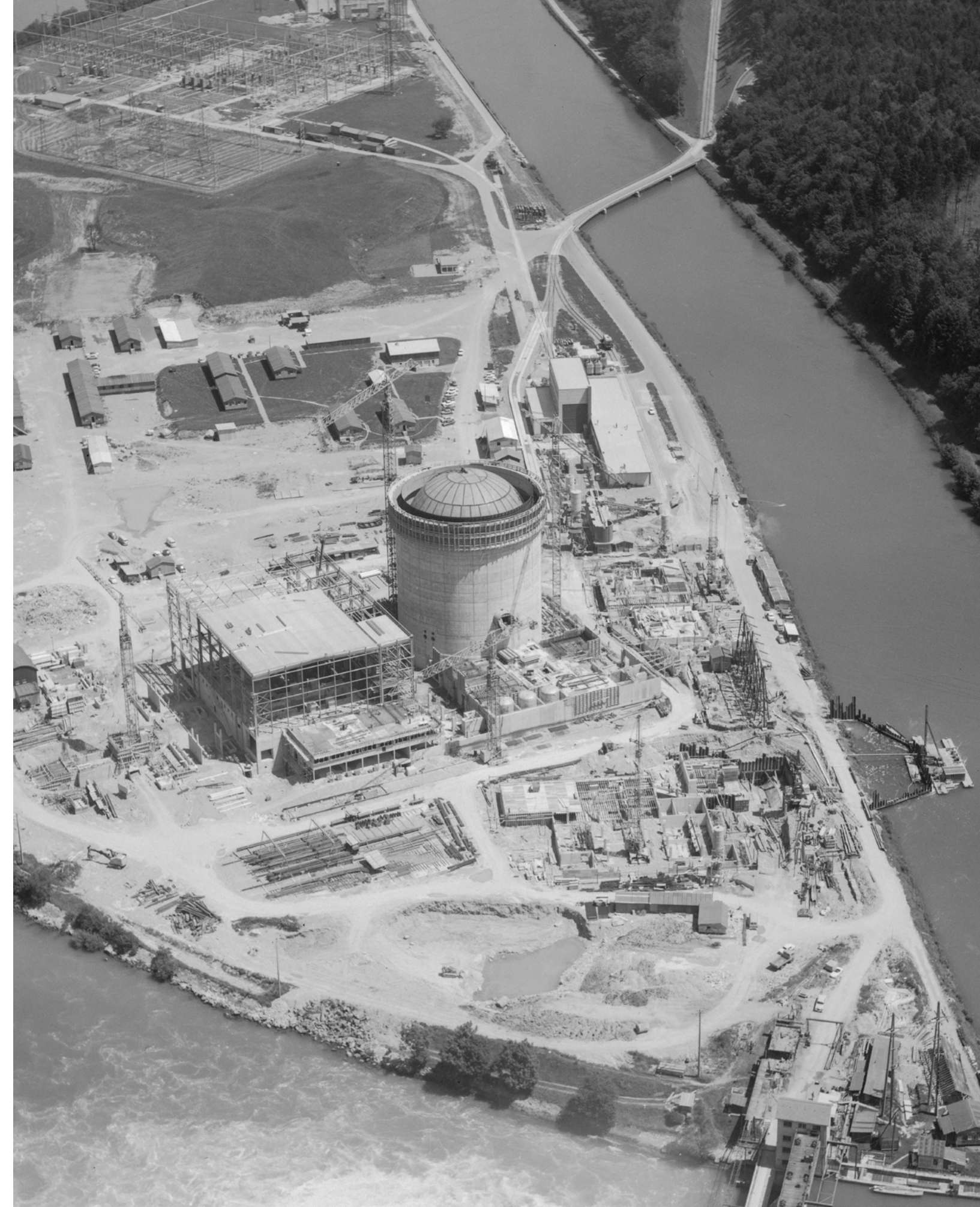
9. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p155

10. *ibid.*,

CONSTRUIRE LES TEMPLES DE L'ÉLECTRICITÉ

fig a. Photographie
du chantier du
premier réacteur
de Beznau, prise
en 1967





CONSTRUIRE LES TEMPLES DE L'ÉLECTRICITÉ

comment construire un rêve de théoriciens?

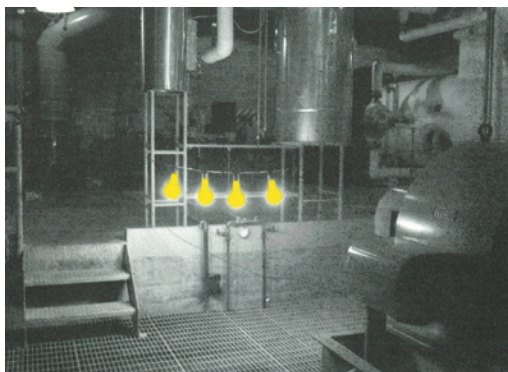
Bien que le potentiel explosif de l'énergie nucléaire soit incontestable, sa faculté à produire un jour de l'énergie utilisable est d'abord mise en doute par une partie de l'opinion, comme le montre cet article du *Bund* en 1945:

“Nitroglycerin knallt sehr gut, aber man kann damit nicht Autofahren. Auch die Atombombe knallt vorzüglich, aber sie wird uns noch nicht so bald die Wärme für den Morgenkaffee liefern.”¹

**(La nitroglycérine explose très bien, mais on ne peut pas l'utiliser pour conduire. La bombe atomique aussi éclate excellemment, mais elle n'est pas prête de nous livrer la chaleur pour le café du matin.)*

Ces oppositions expriment un doute fondamental sur la capacité de la science à maîtriser un jour la puissance de l'atome pour l'utiliser comme source d'énergie. Peut-être est-il même impossible de maîtriser cette énergie. Néanmoins, ces avis sceptiques sont restés relativement inaudibles face à l'énorme mouvement général en faveur de l'atome. Ce scepticisme est aujourd'hui assez répandu à propos des réacteurs à fission, qui malgré plus 60 ans de développement n'ont toujours pas produit d'énergie à une échelle exploitable².

Entre le premier essai atomique le 16 juillet 1945 et la première production d'énergie électrique à partir d'une réaction nucléaire, il s'écoule 6 ans et demi (20 décembre 1951). La première centrale produisant de l'électricité et connectée au réseau est la centrale nucléaire d'Obninsk en Russie le 27 juin 1954. Il faudra attendre encore presque 20 ans avant de voir la construction de réacteurs industriels à travers le monde réellement croître et se multiplier (Fig c).



1. Un article du *Bund* le 18.08.1945, rapporté par WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p26

2. Le réacteur ITER héraut de cette technologie devrait entrer en service en 2025, mais cette date est régulièrement ajournée.

fig b. Première électricité produite par l'énergie nucléaire, dans la station d'essai d'Arco dans l'Idaho en 1951.

Les premiers réacteurs construits sont par essence des prototypes, il n'existe pas de modèle pour leur édification. Dans les parties non-nucléaires, des éléments ponctuels de leur architecture sont néanmoins originaires d'autres domaines. Ainsi les turbines fonctionnant à la vapeur d'eau sont tout à fait comparables à celles d'autres installations thermiques à gaz ou à fioul.

Lorsque les centrales sont développées, les plans sont mis à jour jusqu'au dernier moment par les progrès les plus récents de la technologie. Leur construction, même à une échelle industrielle est donc toujours intimement liée à la recherche scientifique, c'est une de ses spécificités. Comparativement à d'autres domaines, les systèmes nucléaires sont construits en petit nombre, chaque réalisation est donc l'occasion de tester des améliorations et des variantes sur les systèmes. Chaque centrale ou presque est donc un prototype.

Nous expliquerons d'abord le développement du projet d'un réacteur suisse, la mise en œuvre de ses prototypes, et comment ce projet fut abandonné. Puis le développement d'une filière nucléaire résolument privée, indépendante en grande partie de la volonté des états, et qui sonnera le glas de la filière suisse. Le développement important de cette filière amènera à la prise en compte de questions environnementales et esthétiques. La conscience des questions architecturales culminera avec l'expérience française du *collège des architectes de France pour le nucléaire*. Nous chercherons ensuite à appliquer les enseignements de leurs expériences à l'analyse des centrales en Suisse.

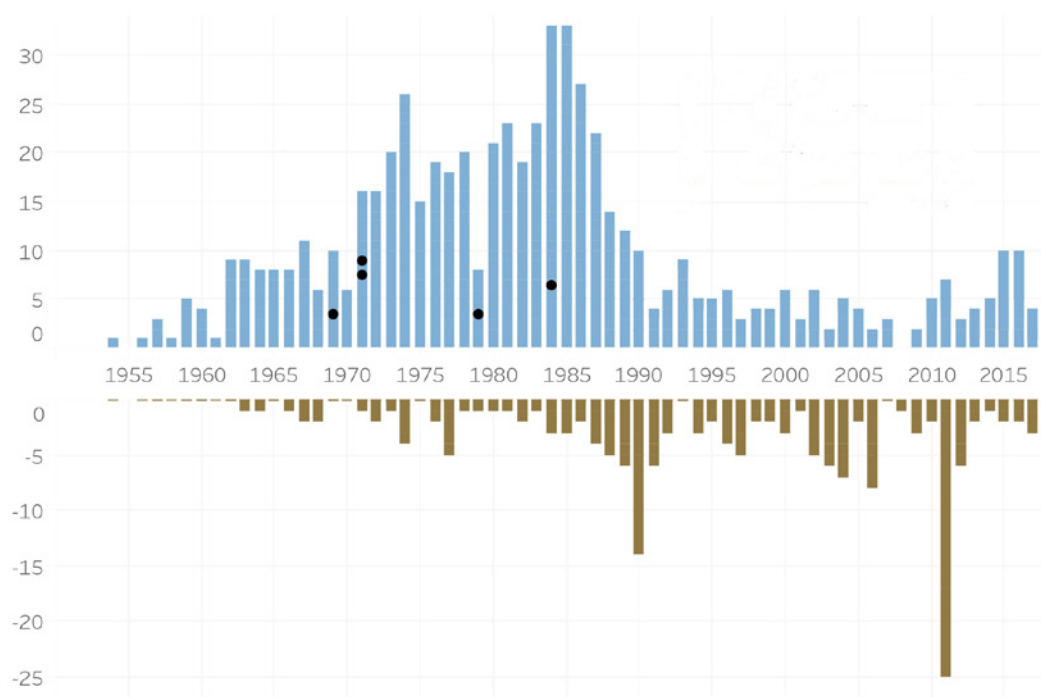


fig c. Nombre de réacteurs mis en service et de réacteurs arrêtés, par année dans le monde. En noir les réacteurs suisses de production industrielle.

LE RÊVE D'UN RÉACTEUR SUISSE

1. Les réacteurs piscines sont des réacteurs destinées à la recherche, dont le combustible est immergé dans un grand volume d'eau et dont l'énergie produite ne peut être récupérée.

2. dans un article de l'express du 13 août 1955 rapporté par FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p86

3. La Suisse ratifie plutôt tardivement les traités de non-prolifération des armes nucléaires en 1977.

4. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p112

5. ibid., p113

Le rêve d'un réacteur Suisse coïncide avec la montée de l'enthousiasme atomique au niveau international. Preuve de l'implication de la Suisse dans ce mouvement international, la conférence *Atomes pour la Paix* en 1955 a lieu à Genève. La conférence et le passage dans l'ère *atomique* qu'elle annonce auront un puissant écho en Suisse.

“L'élément principal de l'exposition américaine, la grande vedette de Genève, c'est le réacteur-piscine¹ [...], exposé dans un bâtiment qui ressemble à un grand chalet sans fenêtres...²”

Les réacteurs suisses qui seront bientôt développés ne ressembleront cependant en rien à des chalets sans fenêtres.

La confédération s'intéresse dans un premier temps autant aux aspects civils que militaires de l'atome. On peut retenir que la Suisse envisagea très sérieusement de se doter d'une arme nucléaire, et qu'elle n'abandonna cette voie que très tardivement³. Le projet de l'élaboration d'une bombe nucléaire Suisse est une histoire passionnante mais ne sera pas abordée en détail dans ce travail.

Fière de sa tradition scientifique, la Suisse se devait de participer au développement la recherche nucléaire. Mais le lancement d'un projet de technologie atomique suisse est aussi lié à une certaine vision des valeurs fondamentales du pays :

“...dans les années qui suivent la seconde guerre mondiale, l'indépendance que la Suisse recherche à travers la maîtrise de l'atome est celle de la souveraineté. Grâce à la possession de l'arme atomique et à la fabrication de réacteurs helvétiques, notre pays garderait sa capacité de décider librement de son avenir.⁴”

Dans cet esprit, la neutralité du pays rend nécessaire une énergie et une armée forte et indépendante. De plus, les caractéristiques géographiques et économiques de la Suisse rendraient le développement de cette technologie absolument vital. En effet *“progrès technique et prospérité [sont liés], un progrès technique qui repose, dans un petit pays pauvre en ressources naturelles, sur le travail et la capacité inventive de ses habitants.⁵”*

Convaincue de la nécessité de développer l'atome, la confédération cherche la meilleure manière de permettre le développement de cette technique en Suisse. Différents débats parlementaires auront lieu dans les années qui suivent le bombardement atomique d'Hiroshima et Nagasaki. La conclusion du parlement est que pour stimuler le développement l'énergie atomique il vaut mieux la mettre entre des mains privées. Les chambres fédérales encouragent en 1954 la création d'une société privée de recherche, *Réacteur SA*. Celle-ci sera composée de "64 entreprises industrielles, 41 compagnies d'électricité et 46 autres firmes privées de la banque, des assurances et du commerce. Le but du nouvel organisme est la réalisation d'un réacteur expérimental à Würenlingen⁶".

Pour accompagner l'effort financier de cet organisme, les chambres fédérales votent une subvention initiale de 12 millions de francs pour Réacteur SA. Pour permettre de premières expériences sur des réacteurs nucléaires en Suisse, la confédération rachète le réacteur de la conférence de Genève, dans une négociation secrète. Le combustible est également acheté aux Etats-Unis:

*"Die USA überließen der Schweiz im Rahmen des Atoms for Peace-Programms sechs Kilogramm angereichertem Uranbrennstoff. Da sie jedoch nur mit staatlichen Akteuren verhandeln wollten, musste offiziell der Bund die Anlage erwerben, um sie dann an die neu gegründete Reaktor AG weiterzuverkaufen."*⁷

**(Dans le cadre du programme Atoms for Peace, les Etats-Unis transmirent à la Suisse six kilos de combustible enrichi en uranium dans le cadre du programme Atoms for Peace. Cependant, comme ils ne voulaient que négocier avec des acteurs étatiques, c'est le gouvernement fédéral qui a dû acquérir officiellement le réacteur afin de le revendre ensuite à la nouvellement fondée Reaktor AG.)*

Le réacteur prendra le nom de Saphir, pour la lueur bleue qu'il émet⁸. La suisse a pu négocier un prix intéressant (770 000 francs suisses de l'époque) notamment du fait que le réacteur était d'occasion, et qu'il se trouvait déjà à Genève. La revente de ce réacteur évitait aux Etats-Unis un pénible rapatriement.

Pour permettre des expériences avec le réacteur Saphir dans de bonnes conditions, il faut construire des infrastructures. Les entreprises de construction du pays n'ayant aucune expérience dans le domaine, l'installation ne se fera pas sans difficultés:

6. FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislav, *Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile*, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987, p119

7. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p69, l'auteur a pu consulter une quittance pour l'achat d'un réacteur d'essai du 19.8.1955

8. C'est l'effet tcherenkov, qui produit cette lumière, par l'action des neutrons qui vont plus vite que la lumière à l'intérieur de l'eau.

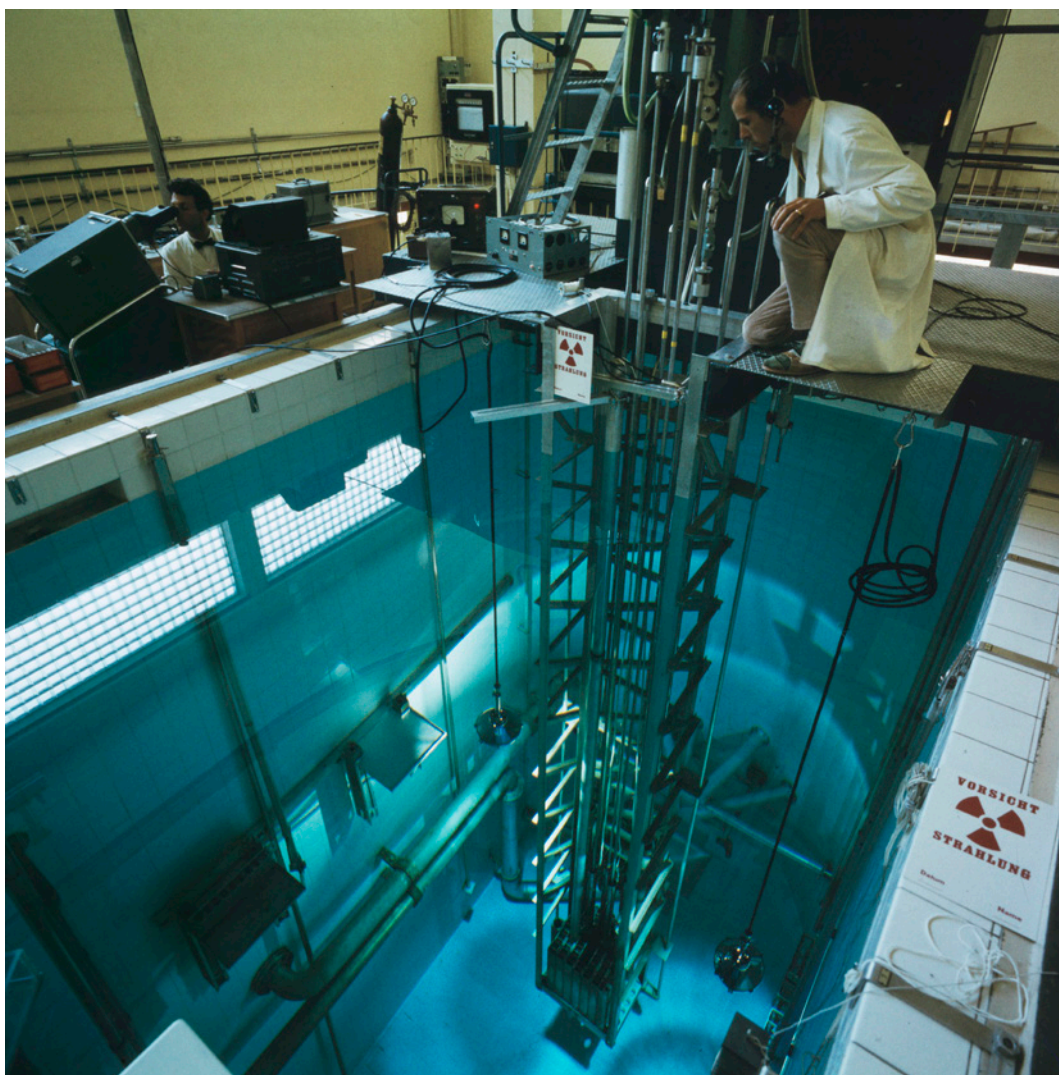


fig d. le réacteur SAPHIR avec son blindage transparent en eau qui permet l'observation directe de son fonctionnement.

9. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische-Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p70

“Das Reaktorgebäude stellte ungewöhnlich hohe Anforderungen bezüglich Betonmischung und Schalungsgenauigkeit, vor allem die Abdichtung des Schwimmbeckens bereitete große Schwierigkeiten.⁹”

**(Le bâtiment-réacteur imposa des exigences complexes pour sa réalisation, notamment pour la qualité du béton, la précision des assemblages, l'étanchéité de la piscine, etc.)*

Les réglementations en matière de construction prennent également du temps à s'adapter à ce domaine nouveau. Rudolf Sontheim, pionnier du nucléaire en Suisse et ancien directeur de l'institut Paul Scherrer de recherche nucléaire, rapporte la tension presque comique entre construction traditionnelle et les exigences d'une technologie de pointe:

“Das Fabrikinspektorat verlangte den Einbau von Fenstern im Reaktorgebäude, denn laut fabrikgesetz war es verboten, Leute in fensterlosen Räumen arbeiten zu lassen. Später meldete sich ein anderer Beamter und wies auf seine schlechten Erfahrungen mit Flachdächern. Er schlug für das Reaktorgebäude ein schräges Ziegeldach vor. Laut Sontheim blieben dies die einzigen staatlichen Versuche, die Konfiguration des Schwerwasserreaktor zu beeinflussen beide wurden von den Reaktor AG nicht befolgt.¹⁰”

**(L'inspection des usines exigeait la construction de fenêtres dans le bâtiment du réacteur, car d'après la loi sur les usines il est interdit de faire travailler des gens dans des pièces sans fenêtres. Plus tard un autre officiel a rapporté sa mauvaise expérience avec les toits en pente. Il proposa d'équiper le bâtiment du réacteur d'un toit en tuiles, en pente. D'après Sontheim ces souhaits restèrent les seuls tentatives de l'état d'influencer la configuration du réacteur à eau lourde, ces deux propositions ne furent pas suivies par Reaktor AG.)*

Autant les autorités légales que les entreprises de construction doivent ainsi adapter leurs standards. Le coeur sera composé d'une grande piscine, ouverte sur le dessus, dans laquelle est immergé le réacteur. Le *blindage transparent*¹¹ de l'eau rendra possible l'observation directe des réactions. Il sera inauguré le 17 Mai 1957 et permettra la formation et la recherche fondamentale.

Le réacteur Saphir était une première étape importante pour la recherche nucléaire mais fonctionnant à l'uranium enrichi il ne permettait pas le démarrage d'une filière totalement indépendante en Suisse. En effet, l'uranium enrichi était difficile d'accès à cet époque. Un réacteur fonctionnant à l'uranium naturel aurait eu l'avantage de pouvoir être alimenté par des gisements suisses¹². Il



10. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p74

11. Une formule d'André Durussel ancien employé de la centrale de Lucens, entretien du 15.11.2017

12. Plusieurs prospections ont été faites dans ce sens, et on pu montrer que la Suisse possède des gisements d'uranium, mais leur exploitation n'aurait pas été économiquement viable.

fig e. le réacteur DIORIT, à sa mise en service en 1960.

13. Notamment WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003. et Peter Hug, voir note 15.

14. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p72

15. HUG, Peter, *Energie nucléaire*, in *Dictionnaire historique de la Suisse* (DHS), version du 17.2.2006 (traduit de l'allemand), url: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F45891.php>

16. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p76

faut aussi savoir que les réacteurs à uranium naturel ont une différence importante avec les réacteurs à uranium enrichi: les réacteurs à uranium naturel produisent lors de leur utilisation divers déchets dont du plutonium, ingrédient de choix pour fabriquer des armes atomiques. Ainsi le réacteur Saphir, à l'uranium enrichi, était certes un excellent outil de recherche mais ne permettait pas la production de plutonium. On peut postuler que le choix d'orienter la filière suisse vers des réacteurs à uranium naturel était *aussi* un choix militaire¹³. Même si la raison principale est sans doute la difficulté de l'approvisionnement en uranium enrichi à l'époque. Ainsi

*” Ein anderer Reaktortyp als ein mit Natururan betriebener wäre zu diesem Zeitpunkt gar nicht zu realisieren gewesen. ”*¹⁴

(Un type de réacteur autre que celui fonctionnant à l'uranium naturel n'aurait pas été réalisable [par la Suisse] à cette époque.)

La filière à uranium naturel est donc autant le résultat des circonstances (difficultés d'approvisionnement notamment) que d'une volonté politique (indépendance du programme et objectifs militaires).

Lorsque la Suisse développera un premier réacteur d'essai de conception entièrement suisse, il sera logiquement un réacteur à uranium naturel. On commencera la construction du réacteur Diorit au printemps 1958 et il aura sa première criticité le 15 août 1960.

*“Le réacteur Diorit représentait une solution plus chère, imposée par l'indépendance nationale et utilisable à des fins de défense.”*¹⁵ C'est un témoin des ambitions de la confédération.

La construction du réacteur Diorit permet aux ingénieurs suisses d'acquérir une importante expérience en construisant pour la première fois un réacteur dans sa totalité. Le défi technique est également important pour les entreprises de construction, peu habituées à de telles contraintes. Le réacteur, malgré sa faible puissance, permet de nombreuses expériences, notamment sur le matériel, les géométries des réacteurs, le test des matériaux, etc. *“Die Industrie sah den Diorit nicht nur als Versuchsanlage, sondern auch als Vorläufer einer Zukünftiger schweizerischen Leistungsreaktorlinie.”*¹⁶

(L'industrie a vu Diorit non seulement comme une installation d'essai, mais aussi comme un précurseur d'une future ligne de réacteur de puissance suisse.)

C'est donc un premier pas nécessaire au développement d'une filière suisse. Les réacteurs Saphir puis Diorit sont assemblés à Würenlingen, en Argovie, dans ce qui deviendra le plus important centre de recherches atomiques du pays, aujourd'hui nommé Paul Scherrer Institut. Pour poursuivre le développement du réacteur Suisse, il faut après la construction du réacteur Diorit établir les projets de nouvelles installations. Or, *"L'institut de recherche privé sur les réacteurs à Würenlingen était presque exclusivement absorbé par la construction de ses réacteurs expérimentaux Saphir et Diorit entre 1955 et 1959 et n'avait pas la capacité d'élaborer d'autres concepts de réacteurs."*¹⁷

17. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p81

Pendant les développements des réacteurs d'essai à Würenlingen, d'autres consortiums privés se lancent à leur tour dans l'aventure. C'est ainsi qu'on aura en Suisse, trois projets de réacteurs (sans compter ceux de Würenlingen) qui se développent en parallèle. Ces trois projets cherchent à poursuivre le développement du programme de réacteur suisse de différentes manières. Le premier consortium, *ENUSA*, en Suisse romande, a pour objectif la création d'une centrale à eau bouillante dans une caverne à Lucens. Le deuxième consortium, *SUISATOM*, cherche à s'équiper d'une centrale à eau bouillante directement achetée au Etats-Unis, qui serait également souterraine, près de Würenlingen. Le troisième consortium étudie la possibilité d'installer un réacteur à eau lourde de conception suisse, sous l'EPFZ, pour remplacer sa chaudière.

*"Lorsque les services financiers de la Confédération furent sollicités par les trois sociétés promotrices pour participer à ces projets, il apparut bien vite qu'un seul, en Suisse, pouvait entrer en ligne de compte."*¹⁸

18. Communication de DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, entretien du 15.11.2017

Finalement, après négociations, la confédération choisit l'option en continuité avec les développements déjà réalisés pour le réacteur Diorit: un réacteur à eau lourde, de conception suisse, dans une caverne à Lucens. Ce choix est aussi un syncrétisme¹⁹ des trois projets envisagés. Le réacteur de Lucens sera une évolution du réacteur Diorit, il en reprend les éléments principaux, c'est à dire l'utilisation d'uranium naturel et d'eau lourde²⁰. Les raisons qui avaient amené ce choix de technologie pour Diorit restaient en effet valables pour Lucens. Le réacteur de Lucens devait permettre pour la première fois une petite (de l'ordre de 5 MW) production d'électricité, et donc le raccordement au réseau.

19. *ibid.*,

20. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p76

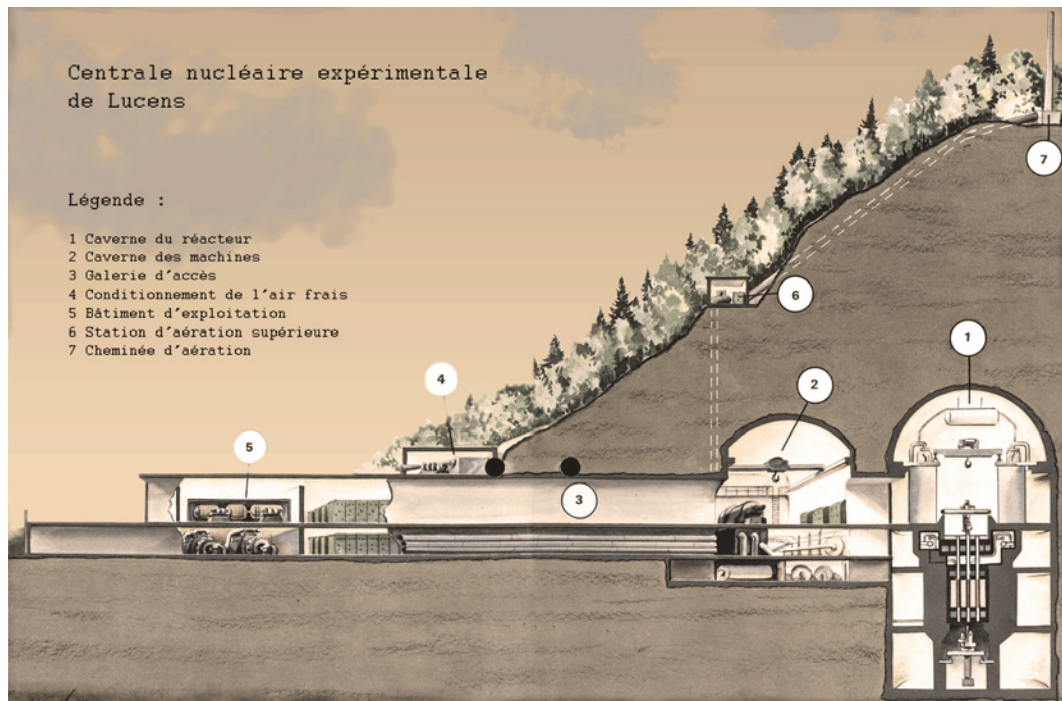


fig f. Coupe schématique de la centrale de Lucens, avec ses espaces creusés dans la molasse.

Le réacteur est critique une première fois en décembre 1966, il subit ensuite plusieurs essais et améliorations techniques. Le 21 janvier 1969, le réacteur est mis en route une première fois à pleine puissance, et 14 heures plus tard a lieu un incident catastrophique²¹ qui oblige son arrêt d'urgence. Les opérateurs de la centrale ne le savent pas encore mais le rêve d'un réacteur suisse est *fondu*²². Dans les jours qui suivent, il apparaît que les dégâts subis par le réacteur sont trop importants pour que celui-ci soit remis en état.

21. Un récit de l'accident se trouve dans le chapitre *Lucens, l'accident*.

Parallèlement aux aventures suisses, d'autres types de réacteurs se sont développés avec plus de succès ailleurs dans le monde. Les promoteurs du projet de réacteur Suisse se rendent compte que la voie technologique suivie jusque-là est vouée à l'échec. De plus, l'avance technologique de ces autres programmes nucléaires rend la poursuite du programme suisse vaine. Le double problème à la fois des investissements en temps et en argent perdus à Lucens ainsi que les choix technologiques discutables sonnent le glas du programme nucléaire civil de conception suisse.

22. d'après la formule de PECLET, Jean-Claude, *Lucens, rêve nucléaire fondu*, dans *Le Temps*, 21 janvier 2009



fig g. Creusement de la galerie d'accès aux cavernes du réacteur. Ces cavernes seront le tombeau du projet nucléaire suisse.

LA RÉALITÉ DES RÉACTEURS INDUSTRIELS

Lors du développement de l'énergie nucléaire dans les années de l'après-guerre, les entreprises d'énergie suisses sont, dans un premier temps, plutôt sceptiques face à cette nouvelle technologie¹. Cependant, avec la diffusion du rêve atomique notamment par la conférence de Genève, ainsi qu'avec les encouragements financiers à cette filière par la confédération, les plus grandes industries suisses se lancent dans l'aventure.

1. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p44

2. C'est à dire capable de fournir de l'énergie au réseau.

3. d'après DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, entretien du 15.11.2017

Le réacteur suisse de Lucens est en construction entre 1962 et 1967. La complexité technique inhérente à cette technologie en fait un projet de longue haleine. Il semble clair qu'il faudra attendre plusieurs années avant d'avoir des réacteurs de puissance² de conception suisse capables d'équiper les futures centrales. D'autres entreprises qui ne sont pas liées aux consortiums qui participent aux constructions à Lucens et Würenlingen vont alors se tourner vers des technologies américaines, de manière à être rapidement équipées de la nouvelle et prometteuse technologie. Si certains peuvent y voir un geste de défiance envers le programme nucléaire suisse, il semble plus plausible d'y voir une impatience de la part des entreprises³.

L'accident de Lucens et l'échec de la filière suisse, donneront raison aux entreprises d'avoir cherché à s'équiper auprès d'autres pays, avec une technologie prête à l'emploi.

Dès 1964, l'entreprise Nordostschweizerische Kraftwerke (NOK, maintenant comprise dans Axpo) entreprend à Beznau la construction d'une centrale autour d'un réacteur de conception américaine. Les forces motrices bernoises (BKW) suivent peu après avec la construction à Mühlberg d'une centrale autour d'un réacteur également américain, mais de conception différente. Le succès initial de ces projets amène de nombreuses autres entreprises à se lancer également dans la construction de centrales. Les projets se multiplient presque partout sur le territoire, et l'on semble atteindre un âge d'or pour le nucléaire en Suisse. Le magazine *Werk* peut en 1976 publier cette carte **fig h.** du pays, qui montre à la fois les projets réalisés, en cours ou projetés à cette époque.

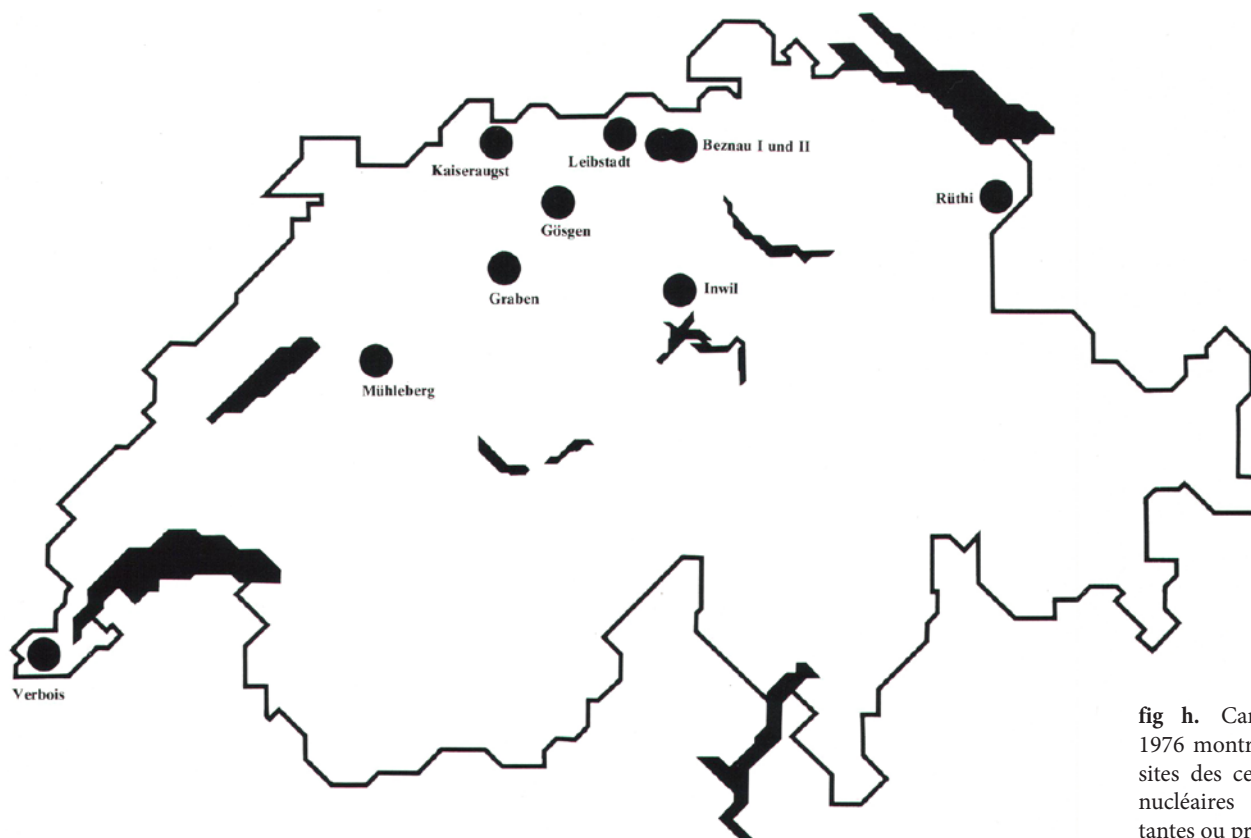


fig h. Carte de 1976 montrant les sites des centrales nucléaires existantes ou projetées

Contrairement à d'autres pays qui ont un programme d'énergie national, la prolifération des projets de centrales nucléaires en Suisse ne se fait pas de manière concertée. Plusieurs entreprises d'énergie entreprennent les démarches pour construire des centrales de manière indépendante. Chaque entreprise équipe ses réacteurs avec la technologie qui lui semble proposer le plus d'avantages techniques et financiers. En France, une seule entreprise (EDF) organise la construction de toutes les centrales, et les équipe donc toutes d'un même système de réacteurs (PWR, Pressurised Water Reactor). En Suisse, plusieurs entreprises se développent parallèlement, et organisent donc la construction de systèmes de réacteur à chaque fois différents **fig k-l-m-n**.

La multiplication des projets de centrale dans le pays ne se fait pas sans heurts. Sur la carte de la **fig i**, la moitié des projets annoncés ne seront finalement pas réalisés.

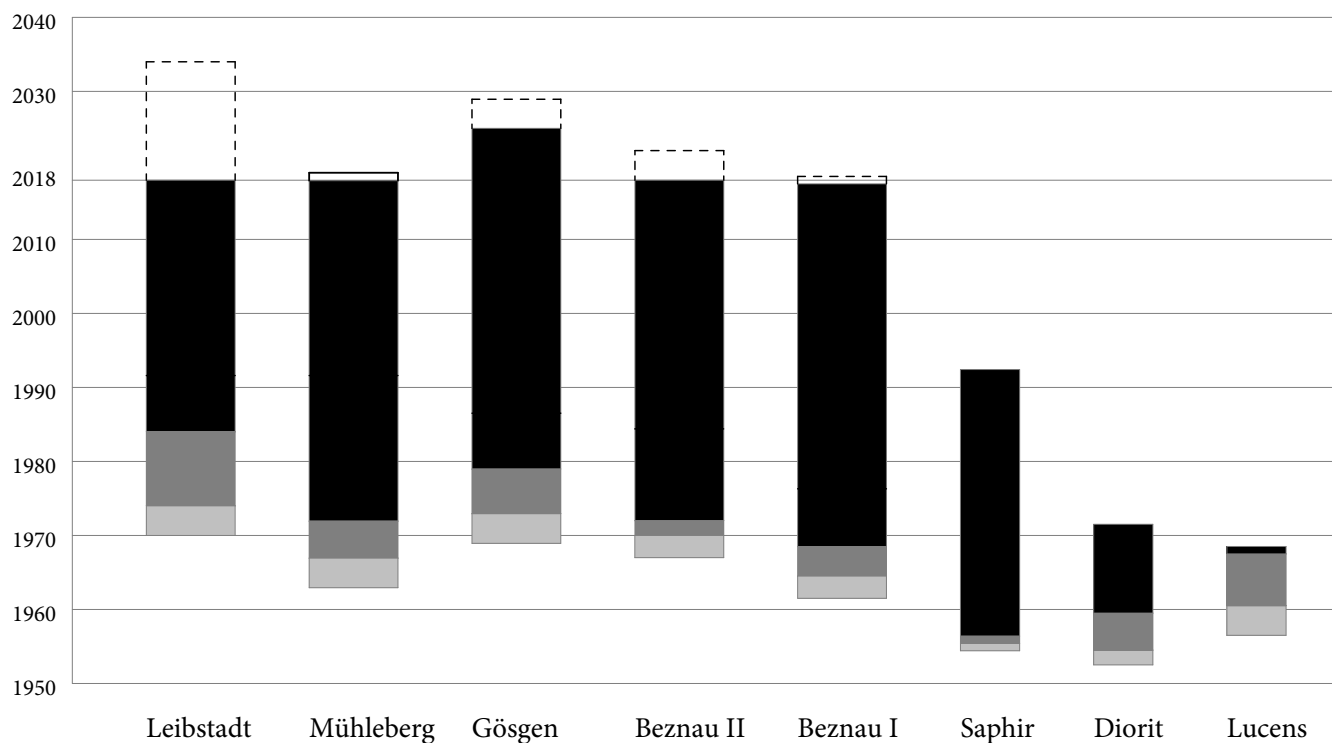


fig i. Comparaison des périodes de fonctionnement des réacteurs suisses.

Comparaison des périodes de fonctionnement des réacteurs suisses. En gris clair, la période d'étude, en brun la période de construction, en noir, la période de fonctionnement. Plus larges, ce sont les réacteurs industriels, plus fins ce sont les réacteurs d'études. En traitillés une durée de vie estimée à 50 ans.

A droite, la filière suisse, avec les réacteurs de Lucens et de Diorit à uranium naturel et eau lourde. Ensuite, le réacteur d'essai de Saphir, eau légère et uranium enrichi. Ensuite les réacteurs à eau pressurisée de Beznau I & II et Gösgen. Et tout à gauche, les réacteurs à eau bouillante de Mühleberg et de Leibstadt.



fig j. Le chantier de la centrale de Leibstadt en 1978, on peut remarquer les géometries et les techniques de construction particulières de chaque élément du complexe

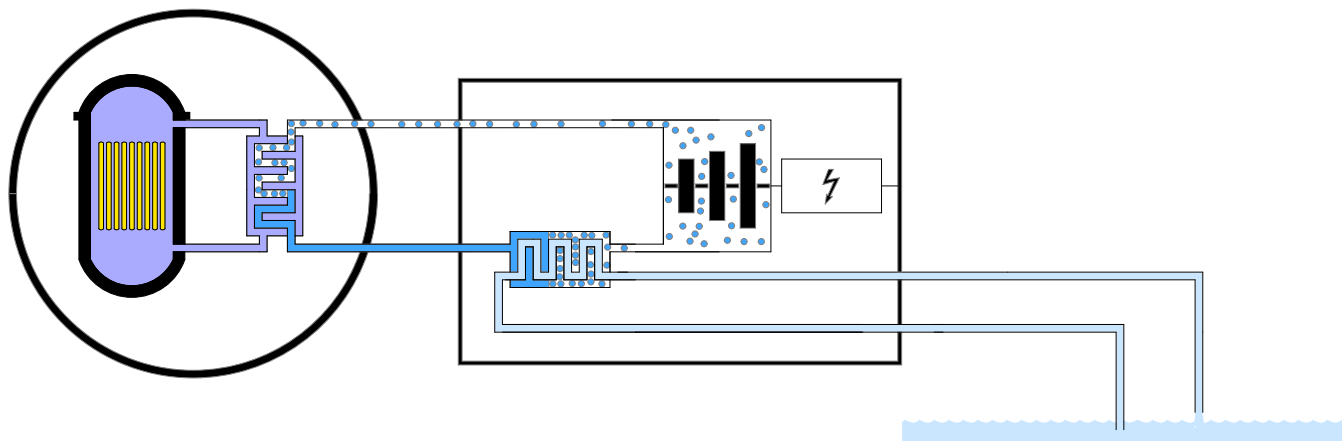


fig k. BEZNAU système à eau pressurisée, refroidissement direct par la rivière

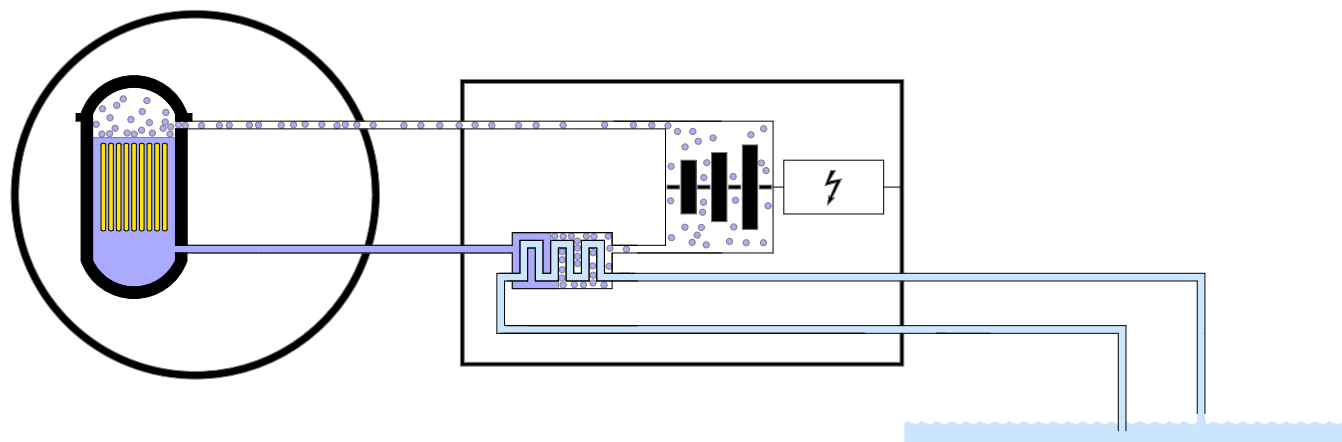


fig l. MÜHLEBERG, système à eau bouillante, refroidissement direct par la rivière

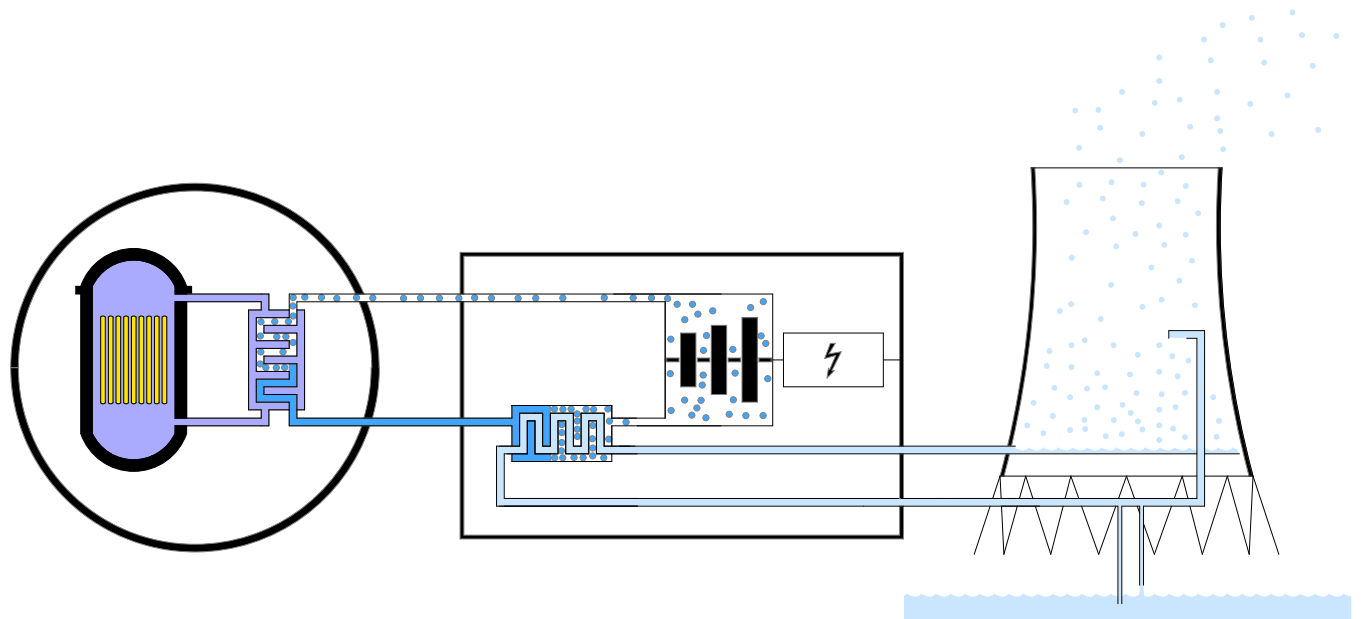


fig m. GÖSGEN système à eau pressurisée, refroidi par tour aéroréfrigérante

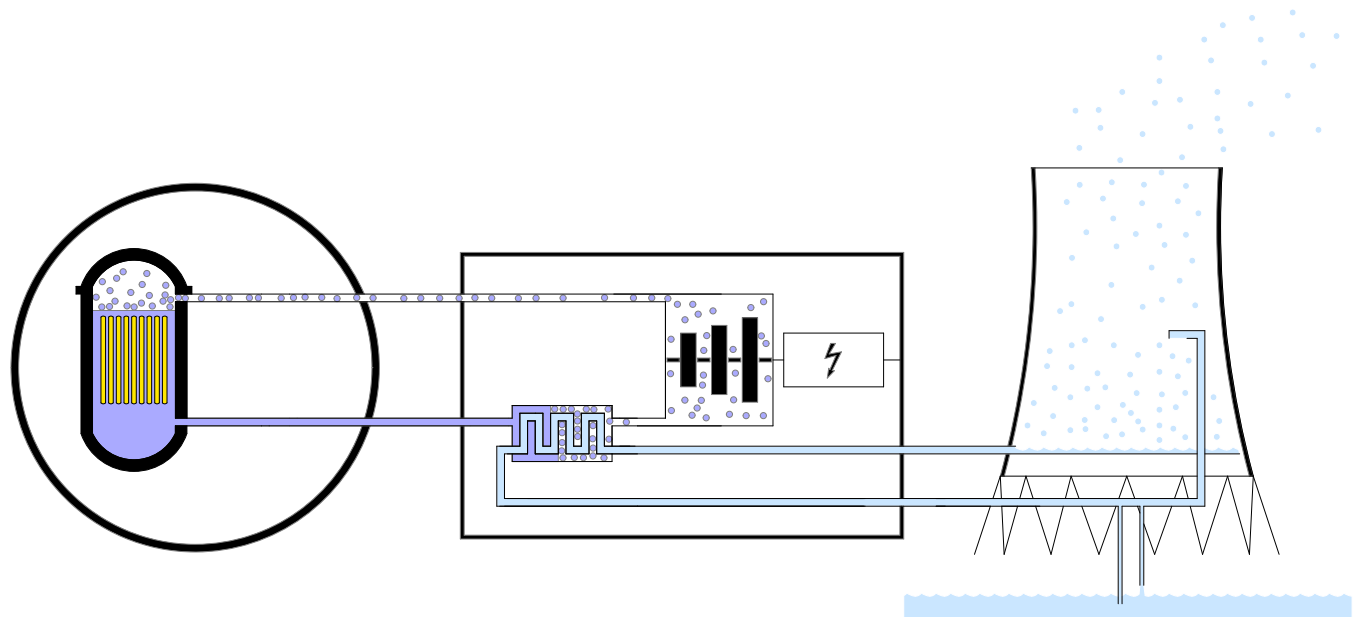


fig n. LEIBSTADT système à eau bouillante, refroidi par tour aéroréfrigérante

DES ARCHITECTES POUR LES CENTRALES NUCLÉAIRES

Comme la Suisse, la France voit les projets de centrales nucléaires se multiplier dans les années 60 et 70. Le grand nombre de centrales réalisées en France fait apparaître leurs faibles qualités d'intégration paysagère. Ainsi, dans les années 70 en France, EDF décide d'inclure des architectes au processus de conception des centrales. L'entreprise s'est en effet rendu compte que devant la multiplication des projets de centrale dans des lieux souvent touristiques et qualitatifs, il faudra amener des réponses esthétiques. EDF engage d'abord Claude Parent, puis tout un groupe d'architectes¹ qui forment *le collège des architectes du nucléaire*. Celui-ci sera en activité de 1974 à 1982, donc sur la période durant laquelle la plupart des centrales actuellement en activité en France ont été construites².

Le but, explique Claude Parent, est de permettre "*Un processus d'intégration à la région tant du point de vue social et économique que du point de vue esthétique ou psychologique.*"³ " Il s'agit donc de rendre les centrales nucléaires moins étrangères à leur environnement.

1. Paul Andreu, André Bourdon, Jean Dubuisson, Pierre Dufau, Michel Homberg, Jean Lecouteur, Roger Taillibert et Jean Villeurbanne

2. LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986, p66

3. PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p10

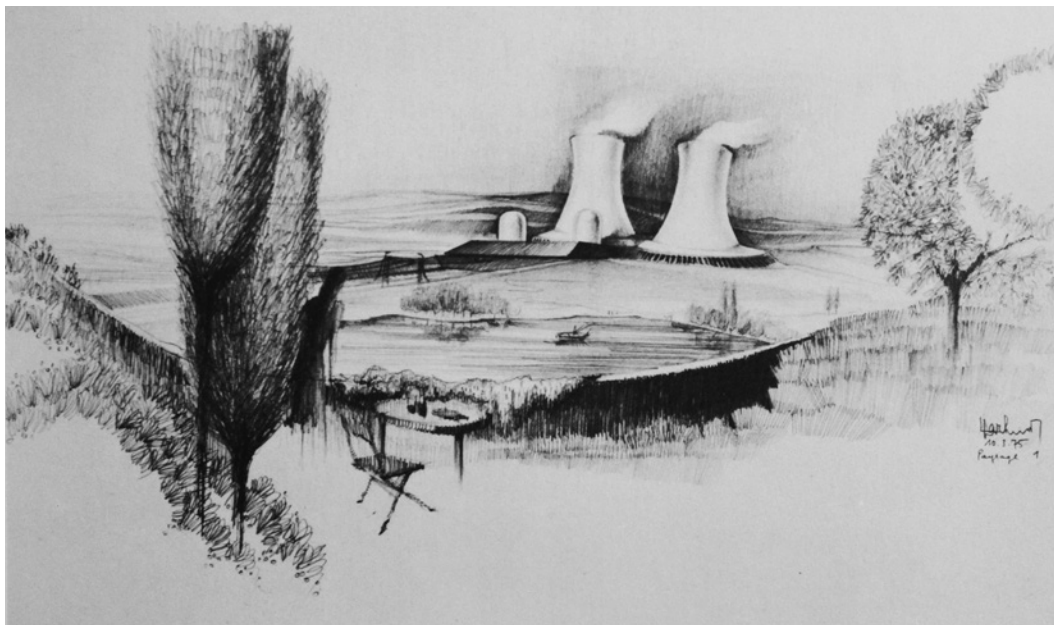


fig 0. Croquis de Claude Parent avec la mention "un nouvel état du paysage"

Pour réaliser ces objectifs, le collège des architectes va “...mettre en place des dispositions esthétiques qui par harmonie ou contraste, donnent au nouveau paysage centrale plus nature un caractère expressif convaincant. “ La centrale “...doit pouvoir entrer sans accrochage trop violent dans la mémoire des hommes, dans la nouvelle mémoire géographique du lieu.⁴ “

L'implantation des centrales nucléaires devait ainsi intégrer des aspects sociaux et économiques, mais ces objectifs resteront sans suite. Seuls les aspects formels seront développés dans leur travail.

4. PARENT, Claude,
*Les Maisons de
l'Atome*, Editions
du Moniteur, Paris,
1983. p10

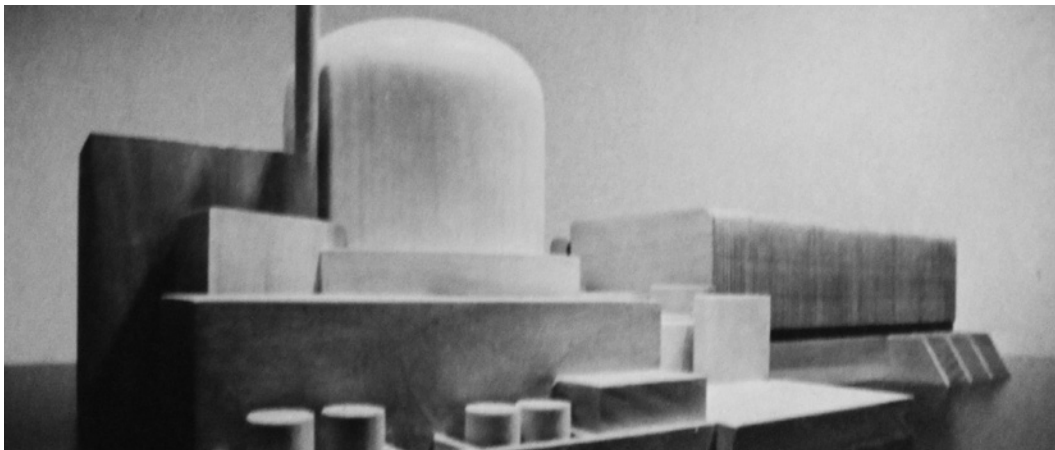
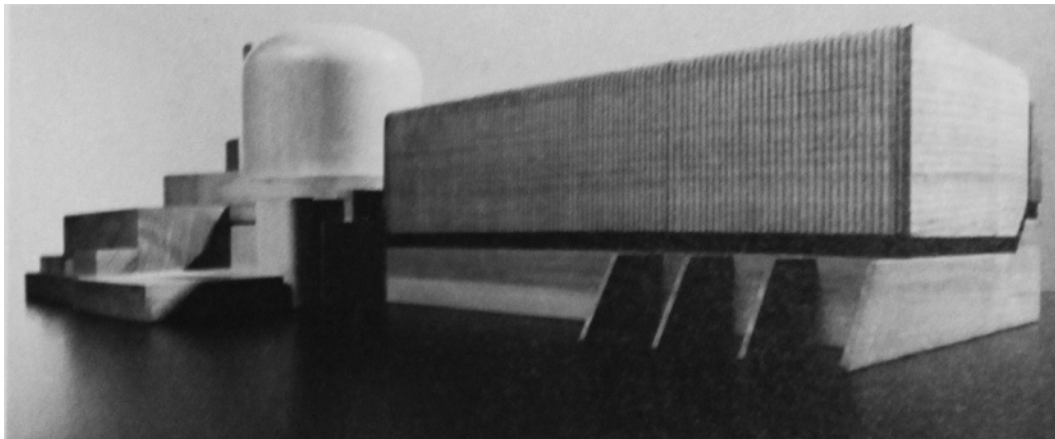


fig p et q. Etudes
des volumétries du
bâtiment-réacteur
et de la salle des
machines à l'aide
de maquettes

Le collège des architectes du nucléaire réalise un travail sur les modèles-types de centrales d'une part, et sur l'intégration dans les sites d'autre part. Ce travail à grande échelle sur les aspects paysagers et à plus petite échelle sur les constructions, se fait à l'aide de tous les outils habituels de l'architecte: dessins, maquettes, photomontages, etc. C'est ainsi que ces architectes analysent puis projettent les futures centrales nucléaires françaises.

Le résultat des ces analyses met en évidence l'importance d'explicitier le fonctionnement des centrales par leur aspect. Pour éviter la construction de grands hangars qui n'évoquent rien aux riverains, le collège des architectes recommande d'adapter la morphologie et l'habillage des bâtiments de manière à pouvoir rendre intelligible leur fonction. Ainsi, le bâtiment-réacteur, qui abrite la réaction nucléaire devrait assumer son rôle central par un traitement formel particulier, idéalement par la forme sphérique, particulièrement symbolique et visuelle. Le bâtiment qui contient les turbines devrait pouvoir exprimer à l'extérieur la position de ces machines énormes.

Pour atteindre ces objectifs, et permettre la création de centrales nucléaires esthétiquement satisfaisantes à des prix raisonnables, la recherche s'oriente vers une rationalisation des éléments. Le collège des architectes du nucléaire cherche à créer un modèle-type de centrale, qui puisse être adapté dans les différents sites, tout en offrant certaines garanties esthétiques. Le travail des architectes est difficile car chaque proposition entre en conflit avec l'intrication complexe des éléments techniques de la centrale, qui tendent à en figer la géométrie. Certains principes de composition des volumes pourront être amenés, mais c'est surtout sur la forme extérieure et les détails que l'intervention des architectes pourra s'établir. Ainsi le travail des architectes a été pour l'essentiel, littéralement superficiel. Lorsque l'on observe les dessins qui représentent les volumes fondamentaux de la centrale **fig r**, tels qu'ils sont déterminés par les calculs des ingénieurs, puis les mêmes bâtiments retravaillés par les architectes, le résultat peut donner lieu à deux interprétations.

Un œil sceptique y verra l'aspect dérisoire et futile du travail du collège des architectes du nucléaire, qui n'a fait que de la décoration sans changer l'essence de ces architectures. On peut aussi le voir comme un travail tout à fait vital, sans lequel les centrales auraient totalement défiguré le paysage. On peut raisonnablement admettre que l'altération même légère, des grands volumes a

eu des effets visuels très importants. Entre une boîte cubique et une boîte cylindrique à dôme semi-hémisphérique, la différence de perception des masses même à l'échelle paysagère peut être énorme. L'apparence de la construction peut ainsi évoluer d'un hangar fonctionnel à une sculpture colossale.

De manière générale, ce sont surtout les propositions d'aménagement paysager qui seront réalisées. La construction d'une centrale déplace des masses importantes de terre, il est possible d'en tirer parti pour aménager des collines et des espaces verts qui viendront mitiger l'impact du bâti.

Sur les sites reconnus comme ayant une importante valeur paysagère, des solutions plus onéreuses et architecturales peuvent être réalisées. Ainsi, au bord de

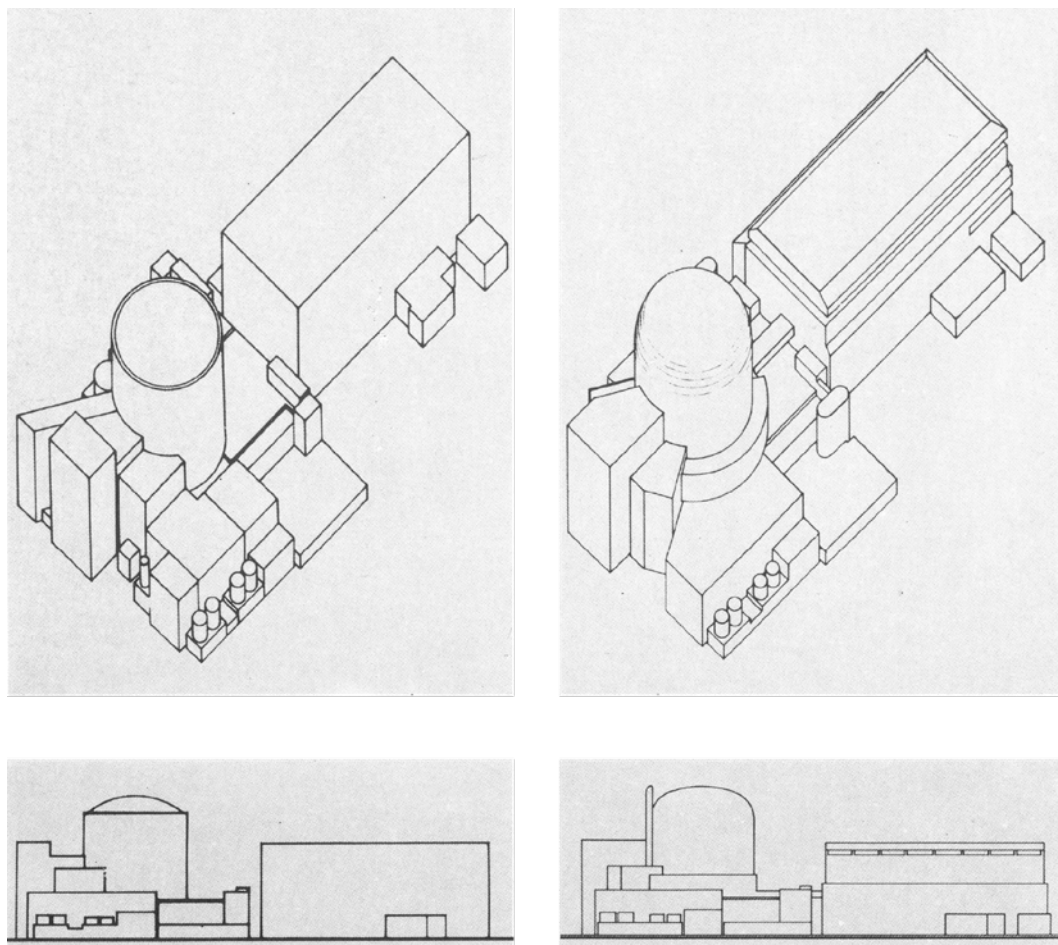


fig r. les volumes principaux de la centrale, à gauche "bruts de fonction" à droite, "organisés architecturalement"

la mer à Palluel, on utilise des dômes hémisphériques pour les bâtiments-réacteurs, alors que les constructions moins emblématiques devront se contenter de réacteurs surmontés d'une simple moulure arrondie.

Globalement l'architecture des centrales réalisées en France avec l'aide du collège des architectes du nucléaire, est le résultat de compromis entre impératifs économiques et solutions esthétiques. Il ne faut pas oublier que la construction des centrales est avant tout une activité commerciale.

Si le travail de ces architectes a clairement un impact important sur l'aspect des centrales en France, les concepts développés traversent les frontières et semblent influencer les centrales suisses qui en étaient contemporaines.

Lorsque les premières centrales capables de produire de l'électricité à grande échelle sont réalisées en Suisse, elles sont pensées avant tout comme des bâtiments fonctionnels, comme des usines. Presque aucune préoccupation esthétique n'apparaît lors de leur construction. La complexité et la nouveauté de ces chantiers n'offre pas le loisir de se poser des questions de qualité architecturale. Les deux premières centrales construites en Suisse, celles de Beznau et de Mühleberg sont tout à fait dans la lignée des projets industriels, fonctionnels où n'entrent pas en compte des préoccupations d'apparence. Ainsi, leur situation est la même que les centrales françaises avant le travail du collège des architectes du nucléaire.

Cependant, dans les projets développés en Suisse pendant les années 70 et 80 on peut remarquer une évolution. Une sensibilité architecturale apparaît, dans l'implantation, dans les choix de volumétrie, dans le travail des couleurs. Ainsi, autant à Leibstadt que à Gösgen, des négociations se font sur la taille de la tour de refroidissement, et sur sa couleur. Une proposition est faite d'utiliser un béton teinté dans la masse, de manière à le rendre le plus foncé possible, pour l'intégrer au paysage naturel⁵. Pour des questions de coût cette proposition ne sera pas réalisée. A Gösgen et Leibstadt le bâtiment réacteur est surmonté d'une coupole sphérique, aux qualités plastiques bien plus importantes que les cylindres de Mühleberg et de Beznau. C'est une solution coûteuse mais plus adaptée aux centrales, comme nous avons pu le voir dans l'analyse du collège des architectes du nucléaire. Ce choix d'une forme forte malgré son coût

5. *Die Architektur von Atomkraftwerken = L'architecture des centrales atomiques, werk / oeuvre*, numéro 63, 1976. p255

élevé nous illustre bien le développement d'une sensibilité architecturale en Suisse. Les constructions non-nucléaires autant de Gösgen que de Leibstadt sont unifiées par un travail sur leur géométrie et leur revêtement.

L'apparition des tours de refroidissement est une plus-value plastique importante autant qu'elle est une nuisance visuelle supplémentaire. Néanmoins bien qu'elle apparaisse en même temps que les nouvelles préoccupations architecturales des centrales suisses, leur existence est due uniquement à des exigences légales quant au réchauffement des rivières⁶.

On ne peut pas démontrer une influence directe du collège des architectes du nucléaire sur les constructions en Suisse, mais le domaine du nucléaire communique énormément en interne, nul doute que les expériences françaises en matière d'architecture du nucléaire ont circulé et ont donné des idées. On peut aussi le comprendre comme le début d'une certaine appropriation par les promoteurs, les entreprises et les autorités. Au début, cette technologie était si neuve que l'on n'avait pas l'occasion de se poser des questions d'ordre esthétiques, la construction même posait déjà suffisamment de problèmes. Avec le temps, des questions plus larges ont pu être traitées, en gagnant un certain recul sur ces réalisations. Ainsi, la construction de centrales s'est progressivement rapprochée de la construction civile.

6. voir le rapport Baldinger dans le chapitre Clocher-Hyperboloïde

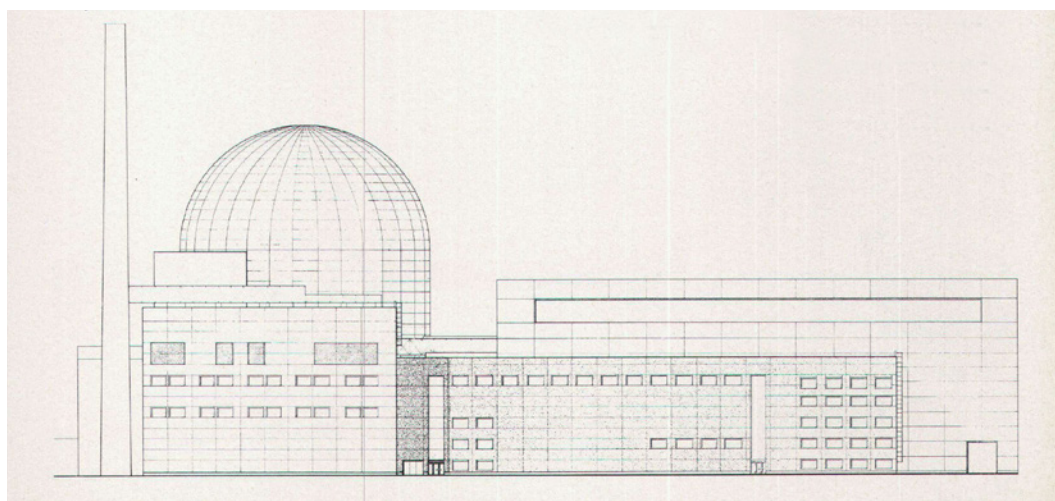


fig 5. Elevation Ouest du projet de la centrale de Leibstadt. A gauche le dôme du bâtiment-réacteur prolongement du volume de sa base, à droite la salle des machines, toute en longueur.

IMPLANTER LES CENTRALES

Où construire, autant d'espoir et de peur?

L'implantation des centrales nucléaires répond à une tension entre des forces contradictoires:

D'une part ces installations amènent du travail à des communautés, et participent de manière importante à la production électrique de leur région. Ces aspects encouragent la proximité des centrales avec les agglomérations.

D'autre part, les risques de pollution ou d'accident -bien que faibles- sont réels comme l'histoire nous l'a montré. Ainsi, les éventuelles conséquences d'un accident nucléaire sont prises en compte dans l'étude de l'implantation d'une centrale, et encouragent son éloignement des agglomérations.

L'implantation d'une centrale est le résultat subjectif d'une pesée des intérêts positifs et négatifs. C'est donc une résultante des forces centrifuges et centripètes.

Avant la construction d'une centrale, le dossier d'impact, une importante étude de site, est réalisée. Ce rapport étudie l'adéquation du site avec l'implantation d'un ouvrage de cette nature. Un des points les plus importants dans l'implantation d'une centrale est son accès à des quantités d'eau suffisantes tout au long de l'année, de manière à assurer le refroidissement du réacteur. L'étude du débit des cours d'eau avoisinants est donc essentielle, et reste souvent la contrainte la plus déterminante en matière d'implantation. Ainsi, presque toutes les centrales nucléaires du monde se trouvent à proximité immédiate d'une masse d'eau importante, que ce soit une rivière, un lac, ou la mer. En Suisse, la contrainte de l'approvisionnement en eau additionnée à la nécessité de la proximité des centrales avec les centres urbains, fait que les centrales se sont toutes implantées le long de la même rivière, l'Aar¹. Cette concentration le long d'un même cours d'eau posera des problèmes de réchauffement et amènera à la construction des tours de refroidissement.

1. Leibstadt étant placée le long du Rhin, mais à moins de 5 kilomètres du point de confluence de l'Aar et du Rhin.

Pour permettre l'implantation d'installations massives comme une centrale nucléaire, il faut un sous-sol à même de supporter ces charges importantes sans problèmes, d'importantes analyses géologiques sont donc réalisées. Le réacteur et la salle des machines sont particulièrement lourds et font que la

qualité du sous-sol peut également être une contrainte importante.

A l'analyse de tous les paramètres qui permettent l'implantation s'ajoute l'étude des facteurs à même de remettre en cause cette implantation. On anticipe ainsi les catastrophes naturelles envisageables sur le site, le plus souvent les inondations et les tremblements de terre en Suisse. Cette analyse, basée sur les statistiques, s'appuie sur des études spécifiques et sur les incidents connus dans l'histoire de l'homme qui peuvent montrer des phénomènes mal connus des spécialistes.

Après avoir évalué les manières de minimiser les risques de catastrophe naturelle, on étudie les conséquences de différents scénarios d'accident, de manière à déterminer combien d'individus seraient potentiellement touchés. Dans ce contexte, les paramètres de densité de population et de direction du vent sont donc décisifs.

Les résultats de ces études ont évolué avec le temps. Logiquement, les analyses du sous-sol et des risques naturels se sont affinées. Les scénarios d'accidents ont également changé, et avec eux, le panel des risques pris en compte². L'expérience à travers le monde de ces incidents a donc permis de préciser l'étude des risques, de mitiger l'influence de certains risques et prendre en compte d'autres risques qui n'étaient pas anticipés.

2. Voir le chapitre Accidents

On comprend donc que les projets d'implantation de centrales aient changé en Suisse au cours des années. Les trois projets de centrale expérimentale suisse dans les années 60, (Lucens, Zurich et Würenlingen), devaient s'établir sous terre. On s'inspire pour cela de certaines expériences faites à l'étranger, notamment en Suède, avec le réacteur R₁, placé directement sous l'institut royal de technologie en plein cœur de Stockholm. En effet, devant les risques d'accident encore mal définis du début de l'industrie nucléaire on estimait que c'est la construction souterraine qui offrait les meilleures garanties de sécurité. Ainsi, cette option souterraine permettait une protection supplémentaire pour l'extérieur en cas d'incident interne et pour la centrale en cas d'incident externe comme une explosion ou une attaque aérienne³. Les garanties que

3. à cette époque la peur *des avions qui tombent* est réelle et importante d'après DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, entretien du 15.11.2017

semblait offrir la construction souterraine, autorisait les constructions de centrales au cœur même des villes.

4. FOASSO, Cyrille, *Atomes sous surveillance: une histoire de la sûreté nucléaire en France*, Peter Lang, Bruxelles, 2012. p297

“[certains] ...estimaient au milieu des années 1970 que les centrales étaient à ce point sûres qu'on pourrait les installer place de la Concorde.⁴”

5. PARENT, Claude, *L'Architecture et le nucléaire*, Editions du Moniteur, Paris, 1978. p18

L'expérience à la fois en Suisse et dans le monde en matière de construction a montré que “*Le fait de réaliser les ouvrages en souterrain s'avérait non seulement inimaginable du point de vue financier, mais en outre beaucoup plus dangereux pour la sécurité et le contrôle.*”⁵ “ La construction de réacteurs souterrains sera abandonnée en Suisse en même temps que le projet d'un réacteur suisse. Les enseignements tirés des premières constructions de centrales ont donc induit l'abandon des projets souterrains et fait évoluer leur implantation. Les accidents influent également sur les critères d'implantation, par exemple l'accident de Windscale à Sellafield a une influence directe sur les études préliminaires à Lucens. L'étude des directions et des forces du vent pour le site de Lucens cite l'accident de Windscale pour montrer l'importance de ce type d'études. C'est cet accident qui a fait réaliser le rôle capital du vent dans les risques de contamination après un incident nucléaire.

L'évaluation des risques, la densité de population ou le vent (lié lui aussi à l'urbanisation) étant susceptibles d'évoluer, l'implantation des centrales existantes peut devenir obsolète. Des centrales qui présentaient un risque raisonnable lors de leur construction peuvent se transformer graduellement en risque inadmissible. Ainsi, la croissance des agglomérations autour des centrales pose question.

Les organisations antinucléaires ne manquent pas de relever la proximité toujours plus grande entre les centrales et les villes. Une étude montre une croissance urbaine autour des centrales des Etats-Unis, liée notamment aux revenus fiscaux amenés par les centrales qui est trois fois supérieure à la moyenne nationale⁶. Cette urbanisation toujours plus grande représente un risque important, particulièrement pour de petits pays comme la Suisse.

6. d'après GREENBERG, M. R. et al., *Local planning versus national policy : urban growth near nuclear power stations in the United States*.

Le fait que les alentours des centrales soient densément peuplés alimente les réflexions du collège des architectes concernant son symbolisme. En effet, il relève à propos des centrales que:

” Le Temple, le château fort, plantés en bord de fleuve, revenaient en mémoire; les centrales, véritables monuments protecteurs étagés à flanc de colline se reflétaient à la surface de l'eau comme ces monuments paysages anciens qui à eux seuls faisaient toute la valeur d'un site, créaient le lieu.”⁷

Autour des centrales suisses aussi, le sentiment d'avoir affaire à un temple ou une forteresse millénaire en bord de rivière est souvent palpable. C'est effectivement une construction massive, placée de manière stratégique au bord de l'eau, pas trop loin des villes qu'elle sert, établissant avec son environnement une relation formelle et symbolique comparable aux forteresses médiévales ou aux temples antiques.

7. PARENT, Claude, *L'Architecture et le nucléaire*, Editions du Moniteur, Paris, 1978, p30

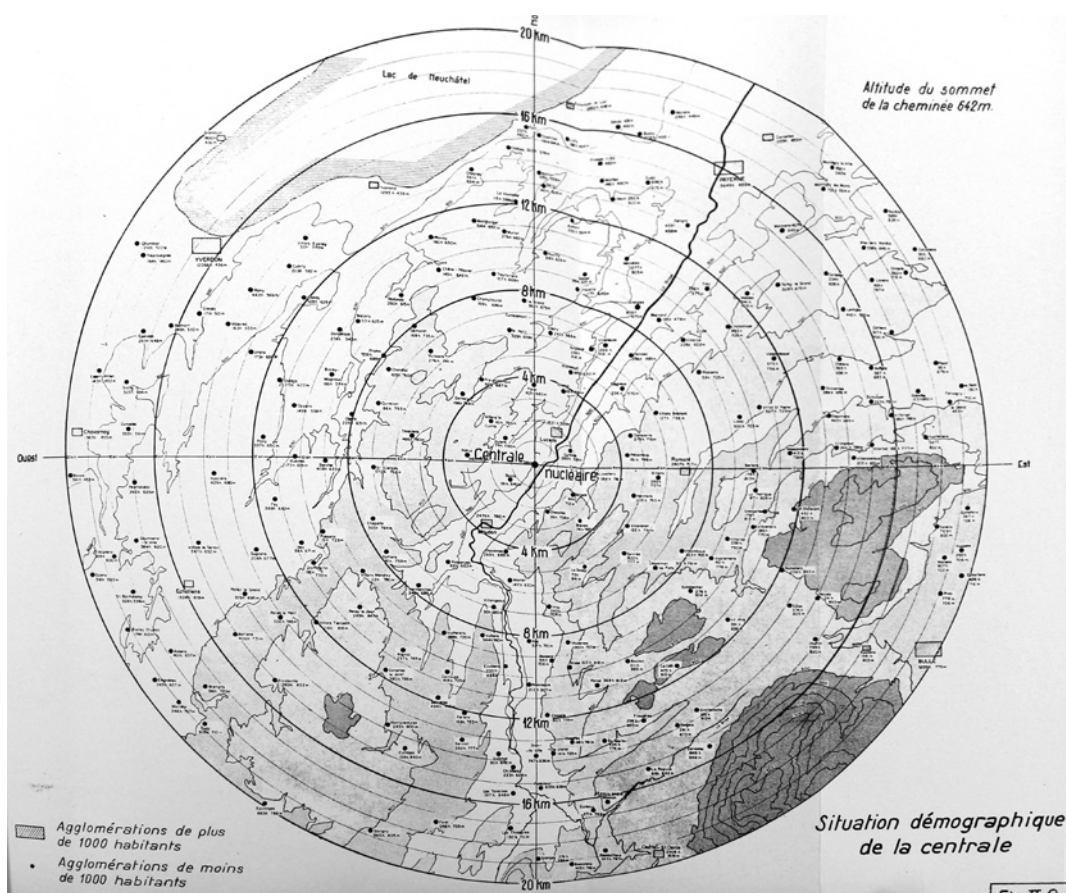


fig t. Une carte d'analyse de la situation démographique autour de la centrale de Lucens. Elle prend l'inquiétante forme d'une cible.

USINES HYDROÉLECTRIQUES ET USINES NUCLEAIRES

La comparaison des centrales nucléaires avec les barrages hydroélectriques permet de mettre en lumière certaines qualités de l'énergie atomique.

Les centrales nucléaires, même si elles ne produisent pas toutes la même quantité d'énergie, le font toutes dans un même ordre de grandeur¹. C'est une des différences fondamentales de l'énergie nucléaire avec d'autres formes de production d'énergie, et notamment avec l'énergie hydroélectrique. Les barrages, de stature à chaque fois différente, se distinguent des réacteurs nucléaires qui sont eux d'une taille relativement homogène. Là où le barrage est par sa nature même lié au site et adapté à celui-ci, la centrale nucléaire est fondamentalement un objet préconçu, qui cherche un site suffisamment neutre pour s'implanter.

Le grand succès des projets de centrales nucléaires dans les années 60 est aussi lié à certaines préoccupations environnementales. On considérait en effet que les projets de grands barrages qui se multipliaient dans le territoire à cette époque allaient le défigurer.

Plusieurs barrages devaient être implantés dans des vallons emblématiques des paysages suisses, les perturbations aux espaces naturels autant en amont qu'en aval de ces constructions auraient été importantes. Pour cette raison, plusieurs importants projets de barrages, notamment aux chutes du Rhin, échouent dans cette période.

Les centrales nucléaires apparaissent donc comme une alternative esthétiquement et écologiquement plus satisfaisantes que les barrages hydroélectriques. Face à ces avantages, certaines entreprises qui travaillent dans l'hydroélectricité vont ainsi rejoindre l'aventure nucléaire.

Les qualités de planéité et d'accès à l'eau qui rendent possible un site nucléaire sont les mêmes qualités qui vont rendre un site attractif pour le développement d'agglomérations. Les centrales peuvent donc facilement s'implanter de manière proche des lieux qui vont consommer l'énergie produite, ce qui sera un avantage énorme pour cette technologie. Les centrales dans leur implantation cherchent aussi les nœuds du réseau électrique, qui permettront à leur production d'énergie d'être efficacement redistribuée. Ce besoin de réseau additionné au besoin d'eau et aux besoins en infrastructures routière pour le

1. La production des réacteurs nucléaires dans le monde s'échelonne de 300 à 1500 MW.

matériel, fait que les centrales se sont naturellement développées sur des sites qui possédaient déjà un barrage à proximité. De manière frappante, toutes les 4 centrales suisses ainsi que l'ancienne centrale de Lucens sont toutes placées près de barrages hydroélectriques

Le barrage hydroélectrique travaille le paysage à grande échelle, il crée, détruit, change. La centrale nucléaire, produit parfois des repères visuels imposants, mais elle détermine avant tout un paysage mental et culturel.

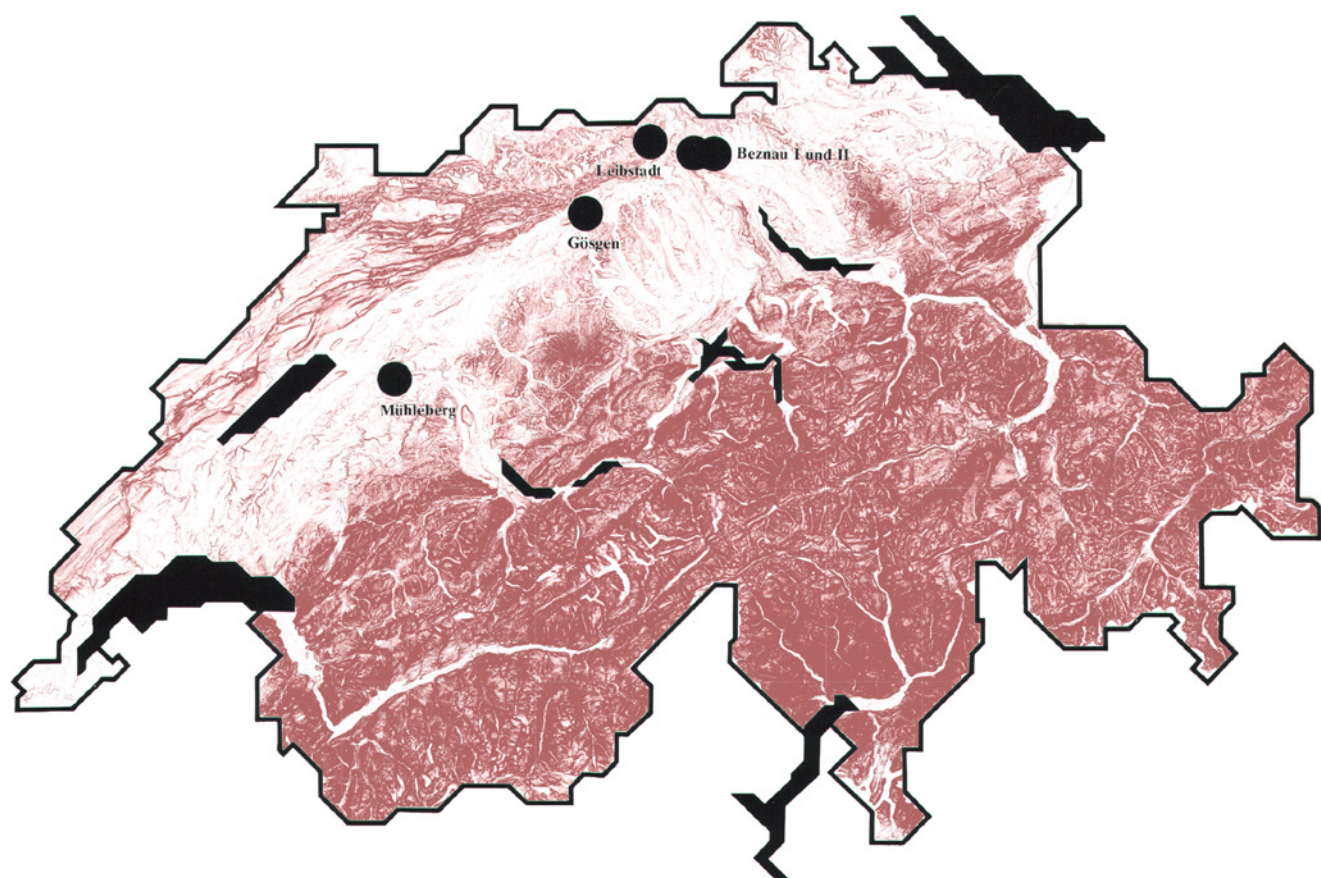


fig u. En rouge, les terrains en pente, comparés à la position des centrales nucléaires suisses.

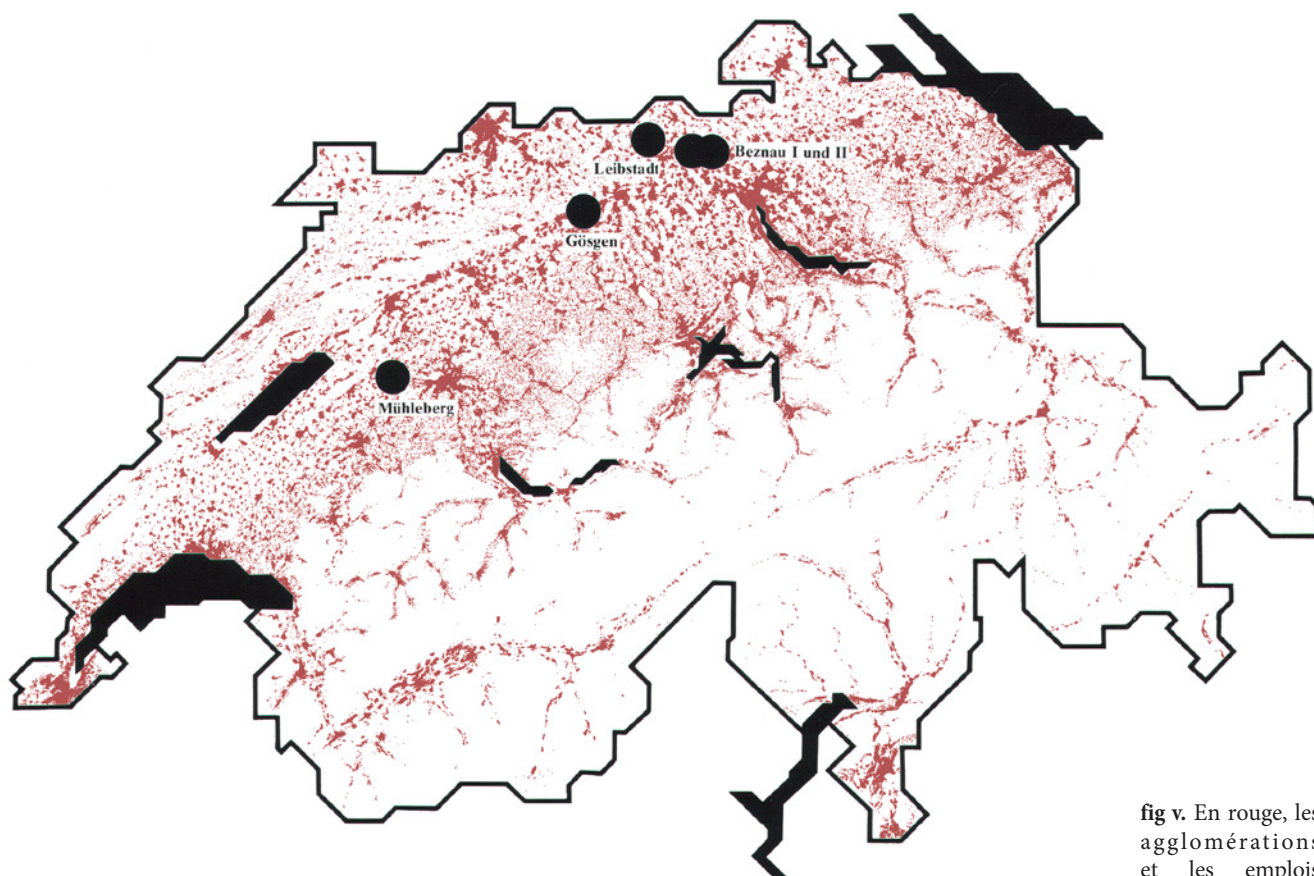
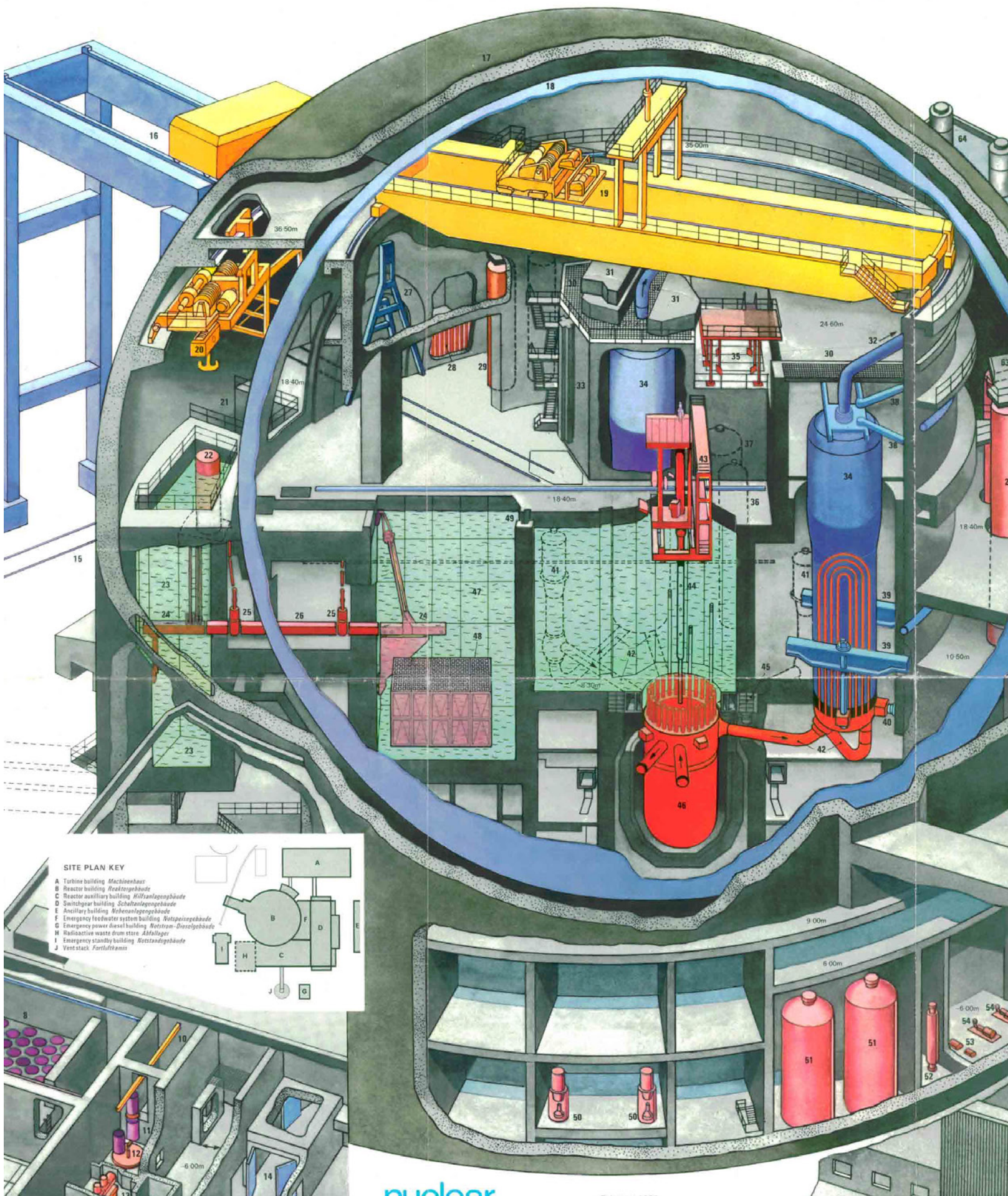


fig v. En rouge, les agglomérations et les emplois du pays. Ils sont presque parfaitement complémentaires aux terrains en pente. Les centrales nucléaires se placent au coeur du croissant économique de la Suisse.

ANATOMIE

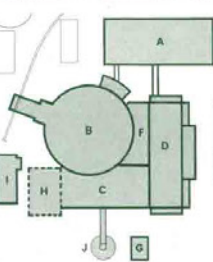
fig a. Ecorché du
bâtiment-réacteur
de la centrale de
Gösgen





SITE PLAN KEY

- A Turbine building, *Maschinenhaus*
- B Reactor building, *Reaktorgebäude*
- C Reactor auxiliary building, *Hilfsanlagegebäude*
- D Switchgear building, *Schaltanlagegebäude*
- E Ancillary building, *Nebenanlagegebäude*
- F Emergency feedwater system building, *Notwasserzugsgebäude*
- G Emergency power diesel building, *Notstrom-Dieselsgebäude*
- H Radioactive waste drum store, *Abfalllager*
- I Emergency standby building, *Notstandsgebäude*
- J Vent stack, *Fortluftkamin*



ANATOMIE

Les centrales nucléaires rassemblent des constructions aux fonctions différentes, mais définies très précisément. Chaque bâtiment ne sert qu'à un seul usage, sa forme ne répond donc en principe qu'à ses seules contraintes internes. Si certains bâtiments servent à des usages *domestiques* et de confort des employés, la plupart sont construits pour le fonctionnement optimal des machines. Ces bâtiments *techniques*, sont d'une grande échelle, et leurs formes répondent si directement à leur fonction qu'ils peuvent évoquer des *engins alchimiques géants*...

Dans les chapitres suivants nous analyserons d'abord la réaction nucléaire qui est à l'origine des centrales puis leur composition d'ensemble, et enfin les principaux bâtiments qui la composent. L'analyse des parties de la centrale cherche à expliciter leur rôle dans le fonctionnement d'ensemble de l'usine. Pour comprendre leurs caractéristiques architecturales nous serons bien aidés par les analyses faites par le *collège des architectes du nucléaire*.

UNE FORCE INVISIBLE

La réaction au cœur des centrales nucléaires, bien que n'étant pas le sujet principal de ce travail mérite quelques explications.

L'énergie nucléaire telle qu'elle est utilisée dans les centrales nucléaires du monde entier est l'effet mesurable d'une réaction de *fission*. On développe depuis les années 1960 des centrales au potentiel bien plus grand qui utiliseraient la réaction de *fusion*, mais elles ne seront pas abordées dans ce travail car elles n'ont pas joué de rôle notable dans le développement de la filière atomique jusqu'à présent.

La *fission* consiste en la séparation d'un noyau atomique en plusieurs éléments. Dans une réaction de *fission induite*, un noyau atomique lourd absorbe un neutron, formant ainsi un noyau encore plus lourd et donc plus instable. Ce noyau instable va rapidement se séparer en deux noyaux plus légers et quelques particules, notamment des neutrons. Un matériau capable d'avoir cette réaction de fission par l'absorption d'un neutron est dit *fissile*.

Une *fission spontanée* peut se produire dans des noyaux atomiques suffisamment lourds qui se décomposent alors sans action extérieure. Ces matériaux ne peuvent donc être stockés, leur utilisation dans le cadre de la production contrôlée d'énergie nucléaire est ainsi exclue, et c'est la fission induite qui est utilisée.

La fission des atomes dégage une énergie énorme qui est récupérée, dans le cas de la centrale nucléaire, à l'aide d'un fluide caloporteur¹ utilisé pour actionner des turbines afin de produire de l'électricité.

1. Littéralement:
porteur de chaleur

L'isotope 235 de l'uranium est le seul matériau fissile naturel connu. On parle d'isotope 235 pour désigner une des variétés de l'uranium avec une masse spécifique, liée à son nombre de neutrons. Il existe plusieurs isotopes d'un même élément, qui peuvent avoir des caractéristiques différentes. L'uranium présent dans la nature n'est composé que d'une part réduite d'uranium 235, de l'ordre de 0,7%. Le reste étant essentiellement de l'uranium 238 qui n'est pas fissile. Pour rendre plus probable la réaction de fission, on augmente à l'aide de divers procédés le taux relatif de l'isotope fissile dans l'uranium utilisé. En réalité on ne crée pas cet isotope, on se débarrasse juste d'une fraction des autres isotopes. Ainsi l'uranium utilisé dans la plupart des centrales nucléaires du

monde est dit enrichi à 2 ou 3 % car il contient alors 2 à 3% d'uranium 235. La plupart des bombes nucléaires utilisent de l'uranium bien plus enrichi, de l'ordre de 90%.

La réaction de fission libère notamment des neutrons, qui vont permettre à des réactions de fission d'avoir lieu à l'intérieur d'autres atomes. Ainsi la réaction produisant son propre "carburant", elle peut se développer exponentiellement jusqu'à épuisement des noyaux fissiles: on parle alors d'une *réaction en chaîne*. Dans un réacteur nucléaire on cherche à entretenir une réaction dite *critique* où le nombre de neutrons qui peuvent effectivement produire de nouvelles réactions est égal au nombre de réactions produisant des neutrons. Ainsi la réaction ne s'emballe pas et reste stable dans le temps. Dans le cas où le nombre de neutrons capables de produire de nouvelles réactions est inférieur au nombre de réactions qui en produisent, on est dans un régime dit *sous-critique*.

Pour maximiser les chances que les neutrons libérés permettent de nouvelles réactions de fission, ils sont dans la plupart des cas, ralentis. Ce ralentissement est induit par un matériau *modérateur* qu'on leur fait traverser. La baisse de vitesse des neutrons s'accompagne d'une grande libération d'énergie donc de chaleur. C'est pourquoi, les neutrons ralentis sont appelés *neutrons thermiques*. L'efficacité des modérateurs est liée à leur capacité à ralentir rapidement les neutrons, sans pour autant en absorber un nombre trop important. L'eau lourde est un modérateur efficace, c'est une molécule formée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène qui ont chacun un neutron supplémentaire (on parle donc de l'isotope hydrogène 2).

fig b. Ce tableau illustre le nombre de neutrons utiles (k) libérés par les réactions de fission d'un matériau fissile (ligne) combiné à un modérateur (colonne). Une réaction en chaîne n'est possible que si $k > 1$.

Modérateur	Eau légère ²	Eau lourde	Carbone
k Uranium naturel	0,99	1,3	1,16
k Uranium enrichi à 2.5%	1,37	1,8	1,6

k est ici le nombre de neutrons relâchés par chaque réaction de fission et qui sont effectivement disponibles pour rendre possible d'autres réactions³. On en déduit que dans le cas où k est inférieur à 1 une réaction en chaîne est impossible. On constate aussi que les matériaux les plus accessibles, l'eau légère

2. Ordinaire, bien que déminéralisée

et l'uranium naturel, ne permettent pas d'entretenir une réaction de fission. L'eau lourde permet la réaction en chaîne, mais elle reste coûteuse à produire. Le carbone sous forme de graphite permet la réaction, mais n'offre que peu de marge pour l'assurer. Ainsi les réacteurs à l'uranium enrichi permettent d'utiliser plusieurs types de modérateur, mais il a fallu attendre la maîtrise de l'enrichissement de l'uranium pour pouvoir les mettre en place.

Les réacteurs industriels en Suisse utilisent aujourd'hui tous la combinaison uranium enrichi-eau légère, comme le font la grande majorité des réacteurs industriels dans le monde.

3. en sachant qu'une réaction de fission d'un atome d'uranium 235 produit en moyenne 2.47 neutrons, on comprend qu'une fraction importante des neutrons est absorbée par le modérateur et l'uranium 238 .

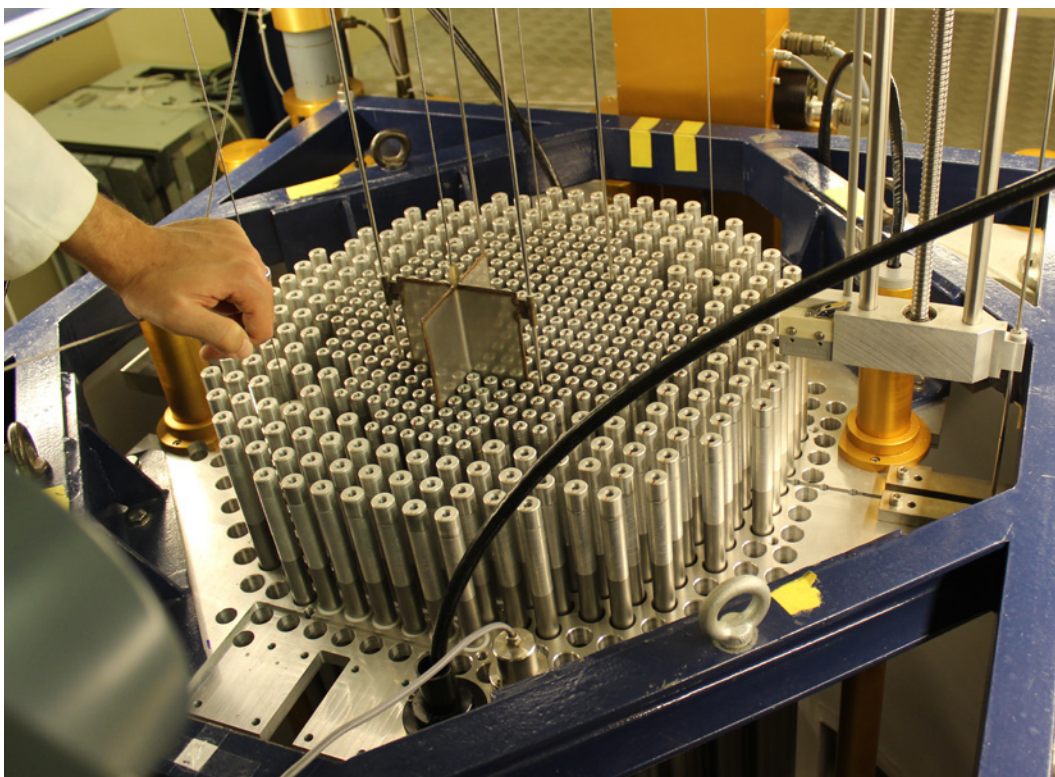


fig c. Le cœur du réacteur d'essai CROCUS de l'EPFL. On voit ici les barres de combustible. La croix au milieu est une barre de contrôle qui permet d'absorber les neutrons pour ralentir la réaction.

COMPOSITION D'ENSEMBLE

Les centrales nucléaires suisses peuvent se comprendre chacune comme un ensemble d'objets aux caractéristiques très hétérogènes réunis sur un même site. Les éléments de la centrale s'articulent en une composition organisée, de manière rationnelle et utilitaire. Il s'agit en effet d'optimiser la longueur des conduites, faciliter l'entretien et l'accessibilité, permettre une surveillance, être adaptable, etc. En conséquence, les constructions sont établies sur des tracés **orthogonaux** laissant de larges espaces de circulation entre les bâtiments. Les contraintes de sécurité éloignent la centrale du tissu bâti existant, de telle manière qu'il n'y a aucune confusion possible sur les limites du complexe nucléaire. Les éléments de la centrale forment donc systématiquement un assemblage dense et indépendant.

La centrale de Beznau est un peu différente des autres, l'île sur laquelle elle s'implante est si exiguë, que dessiner un tracé orthogonal sur toute sa surface serait peu efficace. La centrale de Beznau possède donc deux tracés orthogonaux, chacun parallèle à une rive de l'île. L'un accueille les bâtiments techniques et nucléaire, l'autre les constructions administratives.

Les grands tracés orthogonaux connaissent quelquefois des exceptions autour des éléments massifs des tours de refroidissements et du réacteur. Ils ont une taille et/ou une importance telle que certains éléments se placent alors de manière **rayonnante** autour de ceux-ci. Ainsi, la position centrale du réacteur au sein du complexe rend sa forme lisse, sans angles, symbolique, puisqu'elle permet aux autres installations de graviter autour.

Malgré l'arrangement des bâtiments de la centrale sur une trame, on peut aussi lire celle-ci comme le résultat d'une **agglutination**. En effet, on peut avoir l'impression que les constructions ont été pensées depuis le cœur de la centrale, c'est à dire le réacteur puis que les autres constructions sont progressivement ajoutées autour. Ainsi, les constructions massives du bâtiment-réacteur s'entourent d'autres constructions vitales (pompes de secours, manutention du combustible, etc), qui peuvent s'insérer de manière rayonnante autour de celle-ci, formant un îlot nucléaire dense. Ensuite les autres constructions se répartissent autour, d'abord la grande salle des machines, puis l'administra-

tion, etc. Les bâtiments sont grossièrement d'une taille décroissante de l'îlot nucléaire à la périphérie du complexe de la centrale. Cette gradation des tailles peut donner l'impression d'une agglutination progressive, et donc d'un étalement de la période de construction dans le temps. Cependant, il n'en est rien, toutes les parties du complexe étant essentielles à son fonctionnement, il ne peut être construit qu'en une fois. C'est une des particularités des complexes des centrales nucléaires, d'être pensés et réalisés en une seule campagne de construction. Les seules exceptions sont des constructions qui ne sont pas vitales au fonctionnement, comme les centres de visiteurs.

Ces différentes compréhensions de la composition architecturale des centrales nucléaires ne sont pas mutuellement exclusives, elles coexistent et se révèlent chacune à leur propre échelle. Ainsi, la gradation progressive vers un cœur massif est une lecture d'ordre plutôt paysager. On peut voir apparaître loin à la ronde le bâtiment-réacteur (et l'éventuelle tour de refroidissement) qui émerge d'une masse de constructions plus petites. En circulant autour des constructions du complexe de la centrale on remarque la trame orthogonale puissante qui l'organise. Et les aspects rayonnants de certaines constructions apparaissent surtout aux travailleurs de la centrale qui utilisent cette disposition efficace.

fig d. La centrale de Beznau, avec ses deux réacteurs.



fig e. La centrale de Mühleberg, avec son unique réacteur.

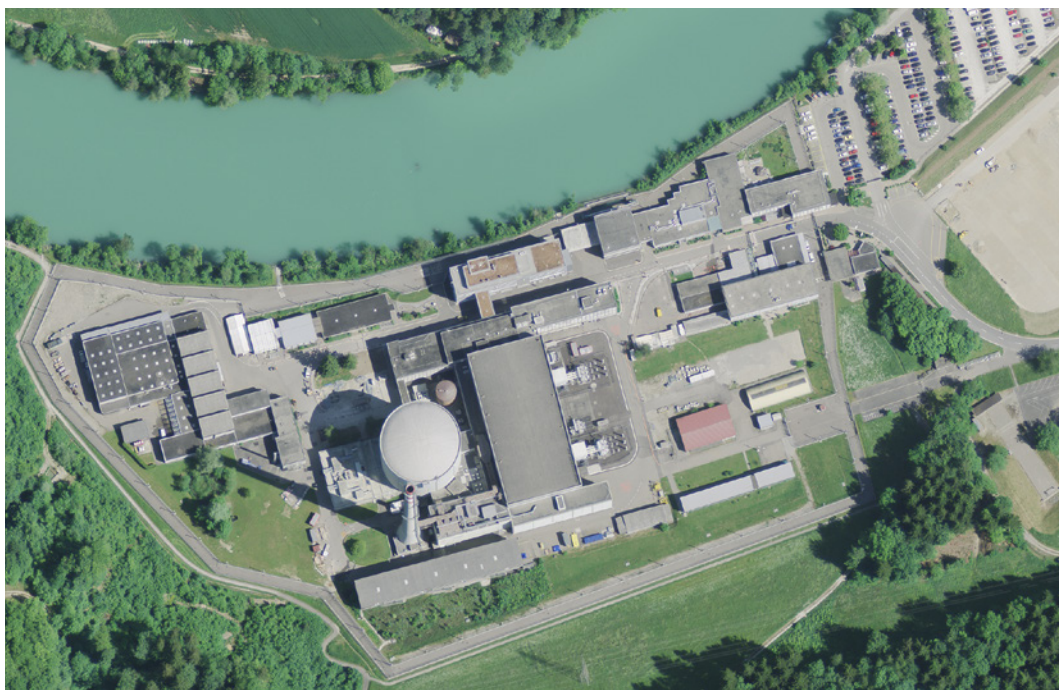




fig f. La centrale de Gösgen, avec son dôme hémisphérique et sa tour de refroidissement



fig g. La centrale de Leibstadt, avec son dôme hémisphérique et sa tour de refroidissement

CHŒUR-SPHÈRE

Le bâtiment du réacteur est l'élément le plus fondamental de la centrale puisqu'il est le lieu de la réaction définissant la centrale comme *nucléaire*. Toutes les autres grandes installations du site peuvent, dans une certaine mesure, s'apparenter à celles d'industries non-nucléaires (turbines, alternateurs, administration, etc).

Le bâtiment qui accueille le réacteur est, avec l'éventuelle tour de refroidissement, l'élément le plus reconnaissable de la centrale nucléaire. Il entoure la cuve du réacteur, lui assurant une protection supplémentaire. Il contient les équipements nécessaires à la récupération de l'énergie libérée sous forme de chaleur par la fission dans la cuve. Dans les centrales suisses, cette récupération se fait via la circulation d'eau entre les barres de combustible. Le bâtiment-réacteur abrite aussi certaines installations qui permettent la manutention du combustible.

Le bâtiment-réacteur possède (en principe) deux couches, une première peau interne en métal, recouverte d'une deuxième en béton armé. Pour des questions de coût, le bâtiment-réacteur, comme les tours de refroidissement, est entièrement en béton apparent. Son épaisseur est importante, elle atteint 120 cm de béton armé à Leibstadt. Les formes arrondies, voire sphériques, que prend la construction sont liées à son rôle d'enceinte étanche pour le réacteur. Les courbes permettent une répartition des efforts plus homogène dans l'enceinte. Dans la centrale de Gösgen, la couche interne en métal est totalement sphérique, de manière à assurer un refroidissement d'urgence dans le réacteur en cas de perte d'intégrité du circuit de refroidissement.

Si celui-ci fuit à l'intérieur de la première enceinte, la forme sphérique permet à la vapeur d'eau qu'il relâche de s'accumuler et se condenser dans la partie supérieure de la sphère, puis de couler le long des parois jusqu'à rejoindre le réacteur, avant de s'évaporer à nouveau et de recommencer ce cycle, permettant un refroidissement d'urgence.¹

1.
explications
reçues lors de la
Visite-guidée de la
Centrale Nucléaire
de Gösgen, le
22.10.2017

Cette
forme parfaitement sphé-
rique reste plutôt exceptionnelle en ma-
tière d'installations atomiques. Elle apparaît dans
certaines des premières centrales (**fig f**, *Chinon* p19), mais
a été écartée par la plupart des constructeurs pour des raisons
financières. Elle est en effet, plus difficile à construire et elle pose des
difficultés dans l'utilisation efficace des espaces qu'elle définit. On utilise
donc plus souvent une forme cylindrique, comme un compromis entre la
solidité et l'efficacité des espaces créés. Le volume qu'il soit cylindrique ou sphé-
rique, possède une infinité d'axes de symétrie. Ainsi, le bâtiment-réacteur exprime
son importance en proposant au contexte changeant une façade toujours égale, c'est
le paysage qui évolue autour de cet axe immuable.

En Suisse le bâtiment-réacteur apparaît sous deux formes. Si les premières centrales
construites possèdent des bâtiments réacteurs plutôt banals, les deux dernières construc-
tions, à Gösgen et à Leibstadt, assument des partis pris esthétiques plus ambitieux. En ef-
fet leurs bâtiments-réacteurs sont surmontés de dômes hémisphériques qui terminent le
tambour massif de leur base sans aucun joint. Ces réalisations sont ainsi, bien différentes
des cylindres fonctionnels de Mühleberg et de Beznau.

Fondamentalement, le réacteur ne peut poursuivre son fonctionnement que
tant qu'il reste étanche. Ainsi, à la manière d'un être vivant², il assure son
existence en maintenant sa séparation avec le monde, ses enceintes sont
donc vitales pour son fonctionnement et son exploitation.

² .
CAMPBELL
et REECE, *Biology*.
Pearson, San Francisco,
2008.

3
P A R E N T,
Claude, *Les Maisons
de l'Atome*, Editions du
Moniteur, Paris, 1983.
p28

Le
collège des architectes du
Nucléaire, dans son analyse des diffé-
rents éléments de la centrale, a cherché à rendre
intelligible l'importance pratique et symbolique de ce
bâtiment en lui donnant un traitement particulier. Devant leurs
limitations financières, à défaut d'une forme parfaitement sphérique,
ils ont proposé de surmonter la construction d'un dôme hémisphérique
*"...non seulement à cause de ses qualités plastiques, de sa façon de prendre
les ombres et les lumières, de ses rapports esthétiques avec les paysages, mais
aussi à cause de son appel symbolique. Le dôme, pour eux, symbolisait parfaitement
le nucléaire et mettait l'accent sur l'endroit où se passait le phénomène de fission de
l'atome.³"*

En effet, la sphère n'est pas sans rappeler le noyau de l'atome, coeur de la réaction de fission. Au-delà des échos à la science, la forme géométrique pure de la sphère permet d'y associer toutes sortes de symbolismes, à la manière dont les églises de la renaissance utilisaient les plans centrés pour représenter la perfection mathématique de la divinité.

Le coeur du réacteur est le *saint des saints*, sa position centrale est l'origine de la centrale nucléaire qui s'organise autour comme une cathédrale autour de son *chœur*. Seuls les clercs de haut rang y pénètrent, c'est là qu'on communique avec l'invisible. Le lieu nécessite des rituels, répétés invariablement. C'est ici que la foi est la plus intense.



fig h. BEZNAU n°1



fig i. MÜHLEBERG



fig j. GÖSGEN



fig k. LEIBSTADT

BAPTISTÈRE-PISCINE

Des piscines de stockage sont utilisées pour entreposer les barres de combustible avant son installation dans le réacteur, ou pour le laisser refroidir après son utilisation dans le réacteur. Le combustible est stocké dans la piscine plusieurs années avant de pouvoir être recyclé ou démantelé.

Dans la plupart des centrales elle se trouve à l'intérieur même du bâtiment réacteur. Cependant, dans la centrale de Gösgen elle se trouve dans un bâtiment annexe, capable de résister à toutes sortes d'incidents.

Symboliquement, la piscine de combustible est une piscine liturgique qui sert une fois par an pour le renouvellement du combustible. Tous ce qui entre et qui sort du réacteur doit être baigné dans cette cuve.

NEF-HALLE DES MACHINES

La salle des machines est le lieu où la colossale production d'énergie électrique de la centrale nucléaire a lieu. La vapeur d'eau venant directement de la cuve du réacteur (système à eau bouillante) ou de ses générateurs de vapeur (système à eau pressurisée) est amenée à la salle des machines, et vient y faire tourner d'énormes turbines. La rotation de ces turbines permet à des alternateurs de produire de l'électricité.

Pour permettre leur fonctionnement optimal, les turbines sont installées sur une colossale dalle de béton sur appuis amortissants de plusieurs milliers de tonnes. La structure porteuse de la dalle est en béton armé et forme des éléments massifs **fig 1**. L'architecture de la partie supérieure de la salle des machines est apparentée aux halls industriels, elle se compose d'une suite de portiques en métal régulièrement espacés. La forme extérieure est banale, c'est un hangar, dont la seule particularité est la taille. Ainsi, face à la Sphère et l'Hyperboloïde du réacteur et de la tour de refroidissement, on trouve la boîte. Face aux courbes, les angles.



fig 1. Table en béton armé qui supporte le groupe de turbines. D'après sa source "architecture monumentale digne de la salle hypostyle de Karnak."

Dans les centrales françaises, les architectes, "*...dans le travail des enveloppes de la salle des machines, s'efforcent toujours d'expliciter pour le visiteur qui se déplace à l'extérieur de l'enceinte l'organisation intérieure des espaces techniques.*"¹ Cet objectif est atteint en exprimant dans l'enveloppe du bâtiment l'axe des machines et les différents étages.

1. PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p32

En Suisse on ne trouve aucun travail de ce genre. La salle des machines est habillée de manière uniforme, ne laissant rien deviner de ses activités. A Mühleberg, Gösgen, et Beznau, quelques fenêtres dans la partie la plus haute de la façade laissent entrer un peu de lumière. Les options sont limitées puisqu'il n'est pas possible de construire des fenêtres plus bas dans la façade. En effet la vitesse de rotation des pales des turbines (3000 tours/minute soit 50

fig m & n. A gauche un dessin préparatoire pour le film *Metropolis* intitulé *halle des machines* en 1925, à droite la salle des machines de la centrale de Bugey en 2011.



tours/seconde) peut les rendre dangereuses en cas d'incident, en les projetant violemment. Les parois de la salle des machines sont donc renforcées sur la majeure partie de leur hauteur. Certaines centrales nécessitent un blindage également à l'intérieur de leur salle des machines. En effet, dans les centrales à eau bouillante la vapeur d'eau peut être radioactive, les salles des machines des centrales de Leibstadt et de Mühleberg sont donc équipées de lourds murs supplémentaires autour des turbines.

La salle des machines fonctionne le long de l'arbre de transmission de ses turbines, qui s'enchaînent sur plusieurs dizaines de mètres. Comme la nef, elle fonctionne dans un axe longitudinal. L'enveloppe du bâtiment est fonctionnelle et tout en longueur. Elle est faite d'une suite de portiques identiques, comme les travées de l'église. L'énergie colossale d'abord confinée et pressurisée dans le réacteur s'exprime et dégage brutalement toute sa force dans la salle des machines, qui correspond symboliquement à la nef de la cathédrale. C'est ici que la force du lieu sacré est transmise aux fidèles, avant d'être redistribuée à l'extérieur.

CLOCHER-HYPERBOLOÏDE

Toutes les centrales nucléaires n'ont pas une tour de refroidissement, et toutes les tours de refroidissement ne servent pas, à des centrales nucléaires. Et pourtant dans l'esprit du public, la première image d'une centrale nucléaire qui vient est souvent celle d'une tour de refroidissement.

Dans les centrales nucléaires, la vapeur d'eau, après son passage dans les turbines est encore extrêmement chaude. Pour permettre sa condensation et un nouveau cycle de réchauffement dans le réacteur puis le turbinage, le liquide caloporteur du réacteur doit être puissamment refroidi. Pour assurer ce refroidissement on utilise un circuit secondaire, qui puise de l'eau froide d'un côté, et rejette de l'eau fortement réchauffée de l'autre. Dans les centrales nucléaires de Mühleberg et de Beznau, cette eau est directement prélevée dans la rivière la plus proche. Ainsi, les premières centrales construites en Suisse n'avaient pas de tours de refroidissement. Le refroidissement nécessaire au fonctionnement des centrales nucléaires est si important que l'approvisionnement en eau est une contrainte décisive dans leur implantation.

La multiplication des projets de centrales à la fin des années 60 en Suisse, a posé question quant aux nuisances induites par leur concentration. Suite à la publication du rapport Baldinger qui montre que le réchauffement produit par les centrales le long de l'Aar et du Rhin pourrait rapidement avoir de graves conséquences écologiques, on prend des mesures. Le conseil fédéral annonce: *"...le 5 mars 1971, de la décision gouvernementale de renoncer à utiliser l'eau des fleuves et d'imposer désormais aux centrales nucléaires à venir l'utilisation de tours de refroidissement humides.*¹" En réalité, les centrales nucléaires équipées de tours aéroréfrigérantes, utilisent toujours l'eau des rivières, mais y rejettent une eau d'une température plus raisonnable.

Ainsi les tours de refroidissement des centrales nucléaires naissent brutalement (les projets en cours de Leibstadt et de Kaiseraugst devront être révisés) et de manière juridique.

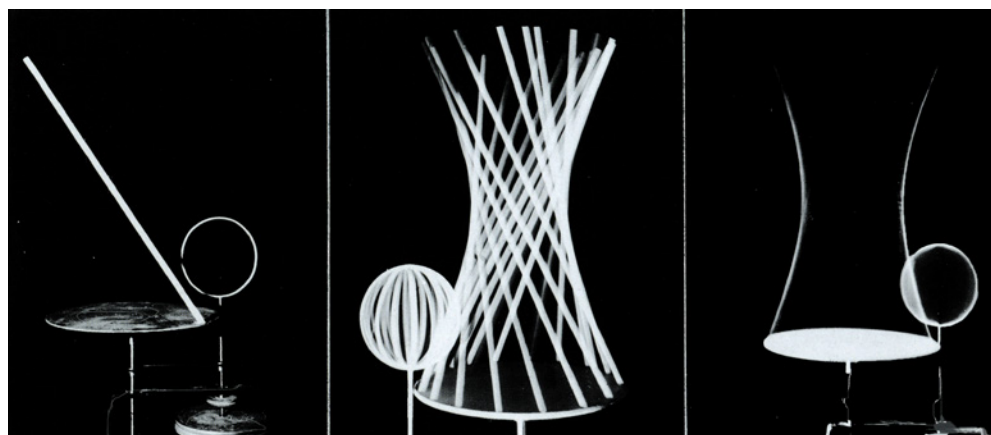
¹ FAVEZ &
MYSYROWICZ,
Jean-Claude et Ladislav,
Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile, l'Âge d'Homme,
Lausanne, 1987. p105

Avant de s'imposer dans les centrales nucléaires, les premières tours de refroidissement apparaissent avec l'âge industriel, rendues nécessaires par l'importante chaleur dégagée par les machines à vapeur. Un brevet pour la première tour de refroidissement sous forme d'hyperboloïde sera déposé par Frederik van Iterson, ingénieur néerlandais en 1917. Jusque-là, la forme des tours de refroidissement ne se différenciait pas beaucoup d'une cheminée ordinaire. La forme proposée par van Iterson permettra d'utiliser les caractéristiques d'un matériau en pleine expansion: le béton armé. La force de la structure vient de sa forme en double courbure qui la rend à la fois très solide et très économe en matériaux². Le profil parabolique est également particulièrement bénéfique pour l'aspiration naturelle de l'air. L'eau est projetée dans la tour à mi-hauteur, elle est refroidie lors de sa chute par échange de chaleur avec le flux d'air ascendant.

2 .
d'après le brevet de VAN ITER-
SON, Frederik, *Improved
Construction of Cooling
Towers of Reinforced
Concrete*, Grande-Bre-
tagne, 108'863, 11
avril 1918.

Le paraboloïde hyperbolique de ces tours possède aussi des avantages constructifs liés à sa géométrie. Sa surface est formée par la rotation d'une droite inclinée le long d'un cercle **fig o**, ce qui implique que son coffrage peut être réalisé par des éléments plans.

fig o. Etudes plastiques au Bauhaus. Démonstration de la géométrie de l'hyperbole par la rotation d'une barre sur un disque.



La tour de refroidissement telle qu'elle existait au XIX^e siècle est liée à l'architecture traditionnelle. La rupture est totale avec la tour inventée par van Iterson, qui tire sa géométrie presque exclusivement de la science et du calcul, une œuvre d'ingénierie pure. D'ailleurs lorsque le collège des architectes du nucléaire dans leur travail sur les centrales françaises essayèrent de modeler leur

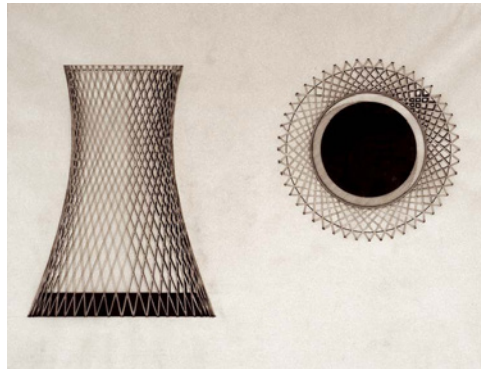
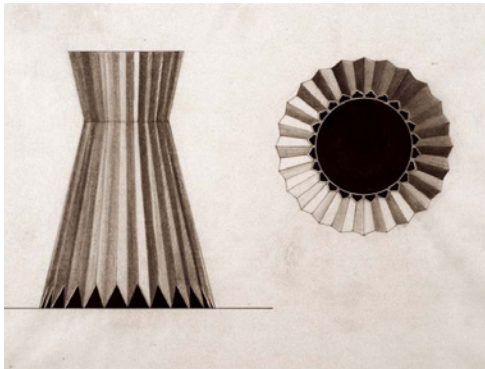


fig p & q. Etudes d'habillage des tours de refroidissement en plan et en coupe, par le collège des architectes du nucléaire.

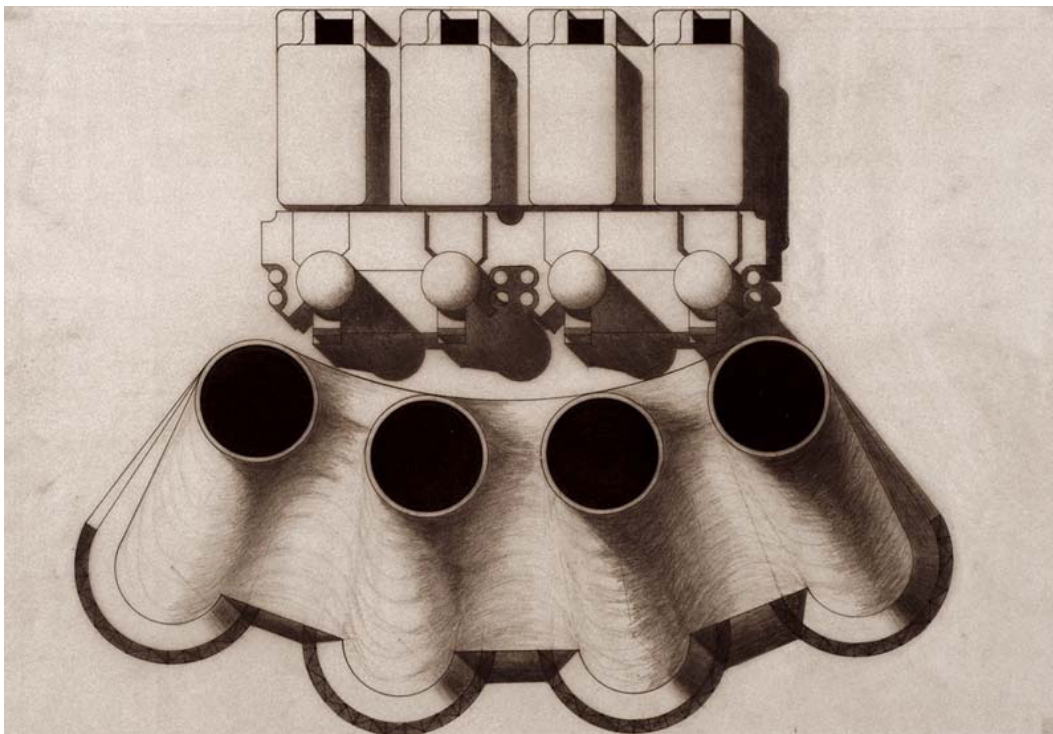


fig r. Etude d'assemblage et de géométrie des tours de refroidissement en plan, par le collège des architectes du nucléaire.

forme, ils durent se résoudre à les laisser dans leur forme originelle. Malgré toute l'imagination des architectes, aucun changement ne fut possible puisque la forme étant déjà particulièrement optimisée, tout changement aurait radicalement atteint leur efficacité. Claude Parent ne put que constater que *“les tours, quel que soit le procédé retenu, sortent à l'état brut des bureaux d'études spécialisé. Les dessins des architectes sont restés dans leurs cartons.”*³

3 .
P A R E N T ,
Claude, *Les Maisons
de l'Atome*, Editions du
Moniteur, Paris, 1983. p36

De tous les bâtiments qui forment le complexe d'une centrale nucléaire ce sont les tours de refroidissement qui ont l'impact visuel et sonore le plus important. Par leur échelle paysagère et leur panache de vapeur, ce sont ces constructions qui témoignent de la présence de la centrale. A une échelle plus rapprochée, on peut remarquer le puissant bruit de cascade qu'elles produisent, dû aux gigantesques masses d'eau qui y sont déversées. C'est un indice de plus de leur secrète parenté avec les barrages hydrauliques. Les centrales étant dans cette interprétation simplement un barrage-voûte refermé sur lui-même, retenant une force interne. Comme sur les barrages, le béton des tours de refroidissements est laissé brut pour des raisons économiques⁴ ce qui souligne la pureté de leur forme.

4. *ibid.*, 64

Les tours de refroidissement sont construites pour limiter les nuisances à l'environnement, mais paradoxalement elles évoquent par synecdoque toutes les peurs associées aux centrales. Et, *“...ces énormes cheminées d'où s'échappent en permanence une humidité blanche, loin de rassurer, ajoutent encore un élément de monstruosité mystérieuse à tout le mystère que paraît constituer une centrale nucléaire.”*⁵

C'est sans doute parce que les centrales nucléaires n'offrent que peu d'éléments iconiques tangibles sur lesquels projeter notre imaginaire, que la tour de refroidissement condense -par défaut- les images mentales. Il est tout de même frappant qu'un objet déterminé presque exclusivement par les mathématiques et l'ingénierie devienne aussi symbolique.

On trouve en suisse deux centrales nucléaires équipées d'une tour de refroidissement: Gösgen et Leibstadt. Toutes deux sont largement similaires, partageant notamment le gigantisme. La tour de Leibstadt fait 144 mètres de haut pour un diamètre maximal de 120 mètres. Celle de Gösgen fait 150 mètres de haut pour un diamètre qui évolue de 117 à 70 puis à 74 mètres de diamètre⁶. Son

5 .
FAVEZ &
MYSYROWICZ,
Jean-Claude et Ladislav,
*Le nucléaire en Suisse: ja-
lons pour une histoire dif-
ficile*, l'Âge d'Homme,
Lausanne, 1987. p150

6 .
D'après les in-
formations fournies
par Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG sur leur
site <https://www.kkg.ch/fr>

épaisseur décroît de 75 à 16 cm d'épaisseur de béton armé, la structure repose sur 50 piliers.

Aujourd'hui, dans les endroits où l'on construit encore des centrales nucléaires, les nouveaux projets abandonnent les immenses tours aéroréfrigérantes à tirage naturel et s'orientent vers des tours de refroidissement à tirage induit, qui n'ont donc pas besoin d'une grande hauteur. C'est la proposition qui a été faite également à Mühleberg II⁷, en sachant que dans ces centrales, 1 ou 2% de l'énergie sera utilisée pour faire fonctionner les turbines de ces tours de refroidissement. Ces tours de hauteur réduite (tout de même 50 à 60 mètres pour une centaine de mètres de large) forment une vue magnifique de l'intérieur **fig s** mais sont largement moins élégantes de l'extérieur⁸ **fig t**.

7 .
sur ce projet
on peut lire REGUN
SA, *Rapport d'impact sur
l'environnement: Remplace-
ment de la centrale nucléaire
de Mühleberg*, 2008.

8 .
Notamment
par leur effet de ,
mur-écran selon PA-
RENT, Claude, *Les Maisons
de l'Atome*, Editions du Mo-
niteur, Paris, 1983. p37



fig s. Les superbes
espaces intérieurs
des refroidisseurs à
tirage induit

Et si elles portent moins atteinte au paysage à grande distance, on ne peut que déplorer que leur popularité soit sans doute liée à la destruction du symbole principal des centrales nucléaires. C'est une décision qui est aussi politique, les centrales émasculées auraient l'air moins menaçantes, et présenteraient moins d'objets sur lesquels condenser la peur des gens, la faisant ressembler une fois de plus à une banale usine, inoffensive.

Dans sa manière d'être à la fois anecdotique au niveau de son utilité et un symbole important quant à la présence de la centrale, la tour de refroidissement de la centrale nucléaire évoque le clocher. Tous deux ils forment des points de repère importants dans le paysage, sur lequel ils semblent asseoir une domination.



fig t. Tour de refroidissement à tirage induit, ici dans un photo-montage pour le projet abandonné d'une nouvelle centrale à Beznau



fig u. GÖSGEN



fig v. LEIBSTADT

CONSTRUCTIONS PROFANES-ADMINISTRATION

"Outre le bloc-usine, il existe dans une centrale toute une architecture que l'on pourrait dire domestique, destinée à loger les hommes pendant les différentes phases de leurs activités quotidiennes.¹"

1. PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p48

On trouve ainsi dans la plupart des centrales nucléaires des bâtiments administratifs et une cantine pour le personnel. Ces programmes et usages tout à fait communs contrastent avec les spécificités des autres constructions du site.

L'échelle réduite de ces constructions par rapport aux installations purement techniques et gigantesques peut poser problème. Elles risquent d'être totalement écrasées. Le collège des architectes du nucléaire a cherché à répondre à ce problème le long de deux voies différentes. Une option est d'admettre que ces constructions se rapprochent d'un usage usuel, et que donc leur aspect doit par son détail *"retrouver une échelle proche de l'homme"*² et se rapprocher du *"caractère d'une architecture domestique telle qu'on la pratique en ville."*³ Les locaux administratifs seraient ainsi des îlots d'urbanité dans l'immense complexe de l'usine. La deuxième option au contraire aurait *"Un caractère brutaliste [qui] recherche davantage l'identification à l'îlot nucléaire plutôt qu'à une architecture quotidienne."*⁴ Dans ce cas toutes les constructions de la centrale seraient unies par un même caractère industriel.

2. *ibid.*,

3. *ibid.*,

4. *ibid.*,

En Suisse c'est la première option qui est réalisée, c'est à dire une architecture urbaine. A Gösgen comme à Beznau les constructions non-nucléaires se différencient par un revêtement de façade différent. A Mühleberg et Leibstadt aussi les traitements de façade sont différents du reste, mais restent d'une très grande sobriété.

Dans les centrales suisses les constructions des locaux non-techniques s'est visiblement faite sans ambition esthétique particulière. Ce sont des immeubles de bureau fonctionnels, tout à fait similaires à ceux qu'on peut trouver dans les villes. Néanmoins, dans les études du collège des architectes du nucléaire, le choix de réaliser une architecture domestique devait s'accompagner de détails à une échelle humaine qui devait permettre une appropriation des construc-

tions par ses utilisateurs. Le choix de cette architecture banale s'est en Suisse fait par défaut et n'offre pas ce genre de détails.

Les constructions *domestiques* avec des blocs de bureau de petite échelle, la cantine, la salle de repos, servent donc le complexe nucléaire de la même manière que ses dépendances peuvent servir le monastère. Ces *constructions profanes* sont nécessaires au fonctionnement de l'ensemble, mais en altèrent grandement la lisibilité des volumes.

NARTHEX, LES MONDES SE RENCONTRENT

Toutes les centrales suisses permettent des visites par le public. La centrale de Gösgen reçoit plus de 12'000 visiteurs par année. Ce chiffre évolue selon les événements internationaux autour du nucléaire ou les accidents qui entraînent une hausse des visites¹.

Pour accueillir le public, les centrales suisses possèdent chacune un ou plusieurs bâtiments qui forment le plus souvent un pavillon d'accueil des visiteurs et un musée. Ces espaces sont d'une surface faible en regard de la masse du complexe industriel de la centrale, et pourtant symboliquement ils sont importants. Ils permettent au monde secret et protégé de la centrale de communiquer avec le monde extérieur. Dans les centrales suisses ils sont souvent d'une géométrie différente que le reste des constructions. Explicitant soit dans l'orientation, soit dans leur forme, et parfois des deux manières, leur différence. A Mühleberg, le bâtiment visiteurs est une petite construction devant l'entrée, dont plusieurs faces sont à 45° du plan orthogonal de la centrale. A Gösgen également, le centre d'accueil des visiteurs se place à 45° des autres constructions, tout en offrant des angles chanfreinés. A Leibstadt, le centre d'accueil est construit sur un plan sphérique, qui contraste également avec le reste de l'installation. A Beznau, le centre visiteurs n'est pas directement accolé à la centrale, il se trouve de l'autre côté de la rivière, dans la commune de Böttstein. Globalement, ces géométries différentes et moins optimales évoquent le rôle accessoire des centres d'accueil par rapport au rôle vital de chaque autre pièce du complexe.

Dans l'imaginaire collectif, les centrales sont réellement coupées du monde par leur statut d'espace de haute sécurité. Pourtant, la séparation des mondes, n'est pas aussi absolue qu'on pourrait le croire malgré les impératifs de sécurité. Les centrales nucléaires ne sont pas totalement séparées du monde extérieur. Elles font ponctuellement venir du personnel externe, notamment pendant les révisions. Même aux débuts de cette industrie, la centrale expérimentale de Lucens n'est pas un lieu fermé et secret. Tout au long de sa construction, elle accueille de nombreux visiteurs. Des curieux venus de toute la région viennent voir la nouvelle technologie, et participent -déjà- à des visites guidées sur le site².

1. communication lors de la Visite-guidée de la Centrale Nucléaire de Gösgen, de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

2. d'après le témoignage de DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, architecte, écrivain, poète, à Chêne-Pâquier, 15.11.2017

La centrale voit donc défiler un grand nombre de gens, mais ces personnes évoluent dans des espaces clairement définis et cloisonnés. Les visiteurs ne peuvent voir qu'une fraction infime des installations, et les travailleurs de la centrale ne peuvent accéder qu'aux espaces liés à leur travail.

Les centres de visiteurs systématiquement accolés à toutes les centrales de Suisse montrent bien leur statut particulier. D'autres centrales de production d'énergie se visitent en suisse, notamment certains barrages, mais aucune industrie n'accueille les visiteurs aussi systématiquement que l'industrie nucléaire.

Les centres d'accueil des visiteurs sont le plus souvent construits après le reste des installations, parfois de nombreuses années après la mise en route de la centrale. Les centrales n'ont pas besoin de visiteurs pour fonctionner, mais l'installation d'un centre d'accueil systématiquement montre qu'il est devenu vital pour les centrales de d'entretenir une bonne communication.

Malgré toutes ses volontés d'accueil, la centrale fait sentir à ses visiteurs qu'ils ne sont que des intrus temporaires dans la grande machine. Les visiteurs ne peuvent visiter en principe que les parties non-nucléaires des installations, restant au seuil du *sacré* sans jamais pouvoir le toucher.

RITUELS ET EXPLOITATION

fig a. La tour de refroidissement de la centrale de Gös-gen, dominant le village de Däniken





RITUELS ET EXPLOITATION

“comment vit-on dans le royaume atomique?”

Les régions qui accueillent les centrales nucléaires suisses sont parmi les plus peuplées du pays, et comptent plusieurs millions d’habitants. Mais les centrales n’emploient que quelques centaines de travailleurs, liés pour la plupart aux localités les plus proches. A l’échelle du pays l’influence socio-économique de l’industrie nucléaire est donc faible. Ainsi, l’impact économique et démographique des centrales n’est important que de manière localisée, dans les petites communes qui accueillent ces constructions.

Dans ce chapitre nous explorerons comment la centrale nucléaire interagit avec les hommes à différentes échelles, au niveau du pays d’abord, puis de la région et des communes, pour enfin explorer comment l’on travaille dans cette industrie.

A L'OMBRE DES TOURS DE REFROIDISSEMENT

Comme certaines petites villes définies par une seule industrie qui fournit l'essentiel du travail et des impôts, les centrales nucléaires marquent fortement les communes où elles sont implantées. Les centrales étant construites, pour des raisons de sécurité, à une certaine distance des agglomérations, elles se trouvent souvent sur de petites communes. L'impact socio-économique en est donc amplifié. Les communes de Mühleberg, Däniken (Gösgen), Leibstadt et Döttingen (Beznau), ont respectivement 2843, 2776, 1270 et 3849 habitants au 31 décembre 2016¹. Ces communes totalisant à peu près 10'000 habitants (~0.13% de la Suisse) produisent donc 35% de l'énergie électrique produite en Suisse en 2016². Ces centrales représentent environ 2'000 places de travail³.

1. d'après l'Office fédéral de la statistique

2. d'après le forum nucléaire suisse

3. ibid.,

Ces petites communautés autour des centrales sont particulières à plus d'un titre. Une part significative des emplois, du paysage, mais surtout de l'imagination sont occupés par la centrale nucléaire. Certaines communes se définissent ainsi avant tout par la présence d'une centrale, supplantant presque sa géographie physique et sociale.

Au-delà de sa présence paysagère, les habitants sont souvent attachés de manière affective à leur centrale. D'après les explications données lors des visites de la centrale de Gösgen⁴, il semblerait que les habitants des villages alentour ont coutume d'observer la qualité des nuages formés par la tour de refroidissement pour prédire la météo, l'utilisant comme un baromètre géant. Ainsi, la révision annuelle de la centrale, qui nécessite l'interruption de son fonctionnement, irait jusqu'à provoquer une étonnante perte de repères chez les riverains, bouleversant pour quelques temps de leurs habitudes.

4. Lors de la Visite-guidée de la Centrale Nucléaire de Gösgen, de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

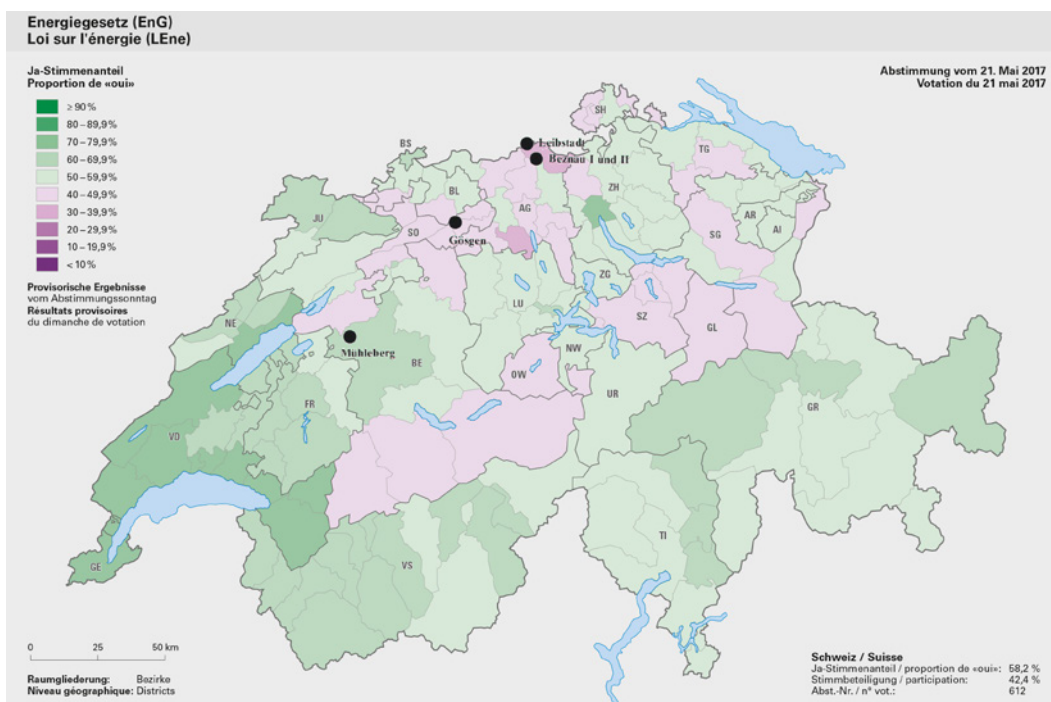
La relation entretenue avec les centrales est donc bien différente à proximité immédiate de celle-ci qu'ailleurs dans le pays. Les votations le démontrent de manière assez flagrante. L'objet de la votation du 21 Mai 2017 sur *la stratégie énergétique 2050* visait notamment

*“...à réduire la consommation d'énergie, à améliorer l'efficacité énergétique et à promouvoir les énergies renouvelables. La construction de nouvelles centrales nucléaires sera en outre interdite.”*⁵

5. D'après les informations du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

La votation proposait tout un panel de mesures, et l'interdiction de la construction de nouvelles centrales n'était qu'une de ses dispositions. Pourtant c'est cette mesure qui semble avoir été interprétée comme la plus importante pour les communes accueillant des installations nucléaires sur leur territoire. En effet, en observant les résultats de cette votation commune par commune, on constate que les 4 communes possédant un réacteur nucléaire industriel, ainsi que celle de Würenlingen avec son centre de recherche nucléaire, ont voté très différemment du reste de la Suisse. Alors que le vote a été accepté par 58% de la population suisse, les 5 communes ont toutes refusé la *stratégie énergétique 2050*, avec des refus entre 16% et 40% plus importants que la moyenne Suisse. Malgré les désagréments qu'une centrale peut occasionner, comme l'industrialisation ou la peur des risques nucléaires, on peut tout de même dire que les centrales sont soutenues par les communes qui les abritent. Les raisons de ce soutien sont plus difficiles à mettre en évidence. Elles sont sans doute liées en grande partie aux avantages économiques liés au travail et aux impôts qu'amènent les centrales nucléaires, mais peut être aussi par la démystification de leur aura négative que permet leur proximité, les habitants ont peut-être apprivoisé leur centrales.

fig b. Résultats des votations sur la Loi sur l'énergie du 21 mai 2017, district par district. Les 4 centrales suisses, en noir, font parties des régions attachées à la conservations des centrales



L'existence de communautés soudées autour d'une centrale nucléaire avaient déjà été annoncée lors du développement du rêve atomique dans les années 60. On imaginait alors la naissance de cités entières centrées sur l'atome (*"City of the atom"*), qu'on appellerait nuplex. Ces communautés pourraient être des cités utopiques⁶, qu'on appellerait *nuplex*.

*"A nuplex, a nuclear complex, would be a town centered on reactors. Confident about safety, engineers figured the reactors ought to be right in the middle so that their output of heat could serve factories. [...] For some people this was not just a technical idea but a move toward social rebirth."*⁷

Ces villes nucléaires seront réalisées dans une moindre mesure dans le cadre du projet Manhattan. En effet, le développement du laboratoire d'Oak Ridge du projet Manhattan passera par la construction d'une ville de toutes pièces, laquelle sera implantée dans un lieu éloigné de la civilisation. C'est ainsi une ville tout entière au service de son cœur nucléaire.

Le fonctionnement d'une ville atomique interroge les architectes amenés à travailler sur les centrales nucléaires. Claude Parent et le collège des architectes du nucléaire cherchent ainsi à mettre en place des synergies à l'intérieur du complexe formé par la centrale nucléaire et l'agglomération qui l'entoure. La possibilité de coupler les centrales avec des serres pour utiliser la chaleur excessive de la centrale est étudiée, permettant à des jardins luxuriants de se développer. Ces propositions seront rarement réalisées, malgré leur grande efficacité énergétique.

L'utilisation de la chaleur de la centrale dans son environnement proche ne devait être que le début de développements plus importants. Ainsi, les infrastructures synergiques formeraient un lien entre le monde fermé qu'est la centrale et la sphère publique. Elles permettraient ainsi un mouvement de domestication graduelle vers la ville, brouillant les frontières entre les deux.

	Oui	Non
Suisse	58.2	41.8
Berne	55.5	45.5
Berne-Mittelland	62.5	36.7
Mühleberg	41.7	58.3
Vaud	73.5	26.5
Broye-Vully	66.7	33.3
Lucens	68.4	31.6
Soleure	50.8	49.2
Olten	50.7	49.3
Däniken (Gösgen)	30.2	69.7
Argovie	48.2	51.8
Zurzach	33.8	66.2
Leibstadt	18.3	81.7
Döttingen (Beznau)	26.6	73.4
Rheinfelden	52.9	47.1
Kaiseraugst	60.3	39.7
Baden	52.1	47.9
Würenlingen	33.1	66.9

fig c. Résultats des votations des communes liées aux activités nucléaires, comparées aux résultats dans leur district, dans leur canton, et à la Suisse.

6. WEART, Spencer R., *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012. p177

7. *ibid.*, **Confiants quant à la sécurité, les ingénieurs ont pensé que les réacteurs devaient être au milieu, de manière à ce que la chaleur qu'ils dégagent serve les usines. [...]*

“À la limite, la clôture n'était plus que symbolique et l'environnement immédiat de la centrale pouvait être utilisé comme lieu de loisir et de détente.”⁸

8. PARENT, Claude, *L'Architecture et le nucléaire*, Editions du Moniteur, Paris, 1978. p27

La frontière entre la centrale et son agglomération proche pourrait tendre à s'effacer à échelle urbaine. Cependant les infrastructures spécifiques ainsi développées pourraient aussi exacerber les différences entre villes atomiques et non atomiques. La séparation que l'on cherchait à faire disparaître à l'échelle urbaine s'intensifierait ainsi à l'échelle du territoire.

Toujours est-il que pour des raisons de sécurité notamment, les vastes installations prévues par le Collège des Architectes ne furent pas réalisées. *“Ce qui devait être parc aménagé est devenu esplanade dégagée, ce qui devait être ligne symbolique de changement d'activité est devenu triple enceinte.”⁹*

9. ibid.,

Certaines coopérations plus petites ont néanmoins été faites. Ainsi dans la Drôme, on utilise l'énergie calorifique de la centrale nucléaire de Tricastin pour le chauffage de la ferme aux crocodiles de Pierrelatte. En Suisse, on utilise la chaleur à distance dans la centrale de Beznau pour chauffer plus de 2500 bâtiments à proximité¹⁰. La centrale de Gösgen cède également une petite fraction de la chaleur qu'elle produit à une usine de papier voisine. Néanmoins ces partenariats, très efficaces énergétiquement, restent rares et minoritaires. A Mühleberg des options de chauffage à distance ont été étudiées. Cependant, la vapeur produite de par la centrale apparaît symboliquement comme contaminée aux yeux d'une partie de la population, qui lui préfère son invisible production électrique. C'est pourquoi ces propositions ont toutes été refusées justement à cause de certaines peurs associées à l'énergie nucléaire¹¹.

10. <https://www.kernenergie.ch/fr/technique-centrale-nucleaire.html>

11. Explications reçues lors de la visite de la Centrale Nucléaire de Mühleberg, le 16.12.2017

L'opposition aux centrales est sans doute la plus forte et la plus efficace au moment de leur construction, menant parfois jusqu'à l'abandon du projet. L'exemple le plus emblématique en est les manifestations contre la centrale de Kaiseraugst. Les militants y venaient de tous les milieux, ils étaient:

“Des jeunes pour la plupart, venus de toute la région, mais aussi beaucoup de personnes d'âge mûr, sérieuses, inquiètes; des hommes et des femmes qui, par leur présence, désirent empêcher la construction de la centrale nucléaire.”¹²

12. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988. p24, voir aussi le chapitre sur Kaiseraugst

Mais pour les opposants, le combat contre les centrales se poursuit tout au long de leur fonctionnement et accompagne presque systématiquement toutes les turbulences que leur exploitation forme. Dans les centrales en fonctionnement, il arrive régulièrement que des militants cherchent à montrer les faiblesses de la sécurité en pénétrant sur le site.



fig d. Serres profitant de la chaleur de la centrale à Dampierre-en-Burly, en France, un exemple qui reste rare.

LES SERVANTS DU TEMPLE

Une part importante du travail à la centrale est semblable à celui qui peut se faire à l'extérieur. La centrale a besoin d'intendance, de cuisiniers, d'administrateurs, etc. Les véritables spécificités de l'organisation du travail apparaissent avec le travail sur les composants qui accueillent la fission nucléaire.

Pour les employés amenés à assurer le fonctionnement du réacteur, le parcours professionnel est long. Les premières années se passent ainsi dans un rôle essentiellement de déambulation, parcourant inlassablement les couloirs, les tuyauteries et les recoins guettant la moindre irrégularité. C'est au fil d'une formation continue longue d'une dizaine d'années que les employés seront progressivement appelés à prendre plus de responsabilités jusqu'à atteindre le sommet de la pyramide de commandement¹. De plus, les spécificités de chaque installation font que les employés ne sont formés que pour une seule centrale. Ainsi, un opérateur formé à Gösgen ne travaillera pas sur une autre centrale à moins de recommencer sa formation presque depuis le début².

Bien qu'extrêmement rationnel et sécuritaire, ce système n'est pas sans rappeler un fonctionnement religieux, où les adeptes font des tâches répétitives pendant des années avant de gagner petit à petit des responsabilités, et pouvoir enfin s'approcher de la partie la plus sacrée. La parenté symbolique des travailleurs avec les prêtres a été relevée au laboratoire atomique d'Oak Ridge:

*"...the social corollary of the nuplex [complexe nucléaire] was an invisible "cadre of experts" doing as they thought best insulation from the larger community. Such a nuclear "priesthood" (as Weinberg [administrateur du laboratoire d'Oak Ridge] approvingly called it), safeguarding their perilous and wondrous powers, would appeal to experts like Weinberg more than to ordinary citizens."*³

Les centrales portent donc peut être en elles, un premier essai de gouvernance par une élite scientifique.

1. communication lors de la Visite-guignée de la Centrale Nucléaire de Gösgen, de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

2. *ibid.*,

3. WEART, Spencer R., *The rise of nuclear fear*, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012. p177 *Une telle "prêtrise" nucléaire, sauvegardant leurs périlleux et merveilleux pouvoirs, attirerait les experts comme Weinberg plus que les citoyens ordinaires.



fig e. L'équipe du réacteur Saphir réunis devant la piscine du réacteur en 1957.

UNE MACHINE QUI RONRONNE

Le monde autour du réacteur nucléaire est le monde des machines et de l'industrie. Les rythmes de fonctionnement de la centrale sont totalement indépendants de l'homme. En effet, à part une brève interruption pour sa maintenance, le réacteur fonctionne tous les jours de l'année à toutes les heures du jour et de la nuit, toujours de la même manière. C'est aux opérateurs de s'adapter à ce fonctionnement continu, de suivre inlassablement le rythme de la machine. De même, les étages ne sont pas numérotés pour l'homme mais pour la machine. Autour du réacteur, les niveaux sont indiqués par leur hauteur relative au sol en mètres et par leur azimut. Ces mesures sont objectives, mais proprement inhumaines, puisqu'elles ne considèrent aucunement l'usage des hommes comme référence.

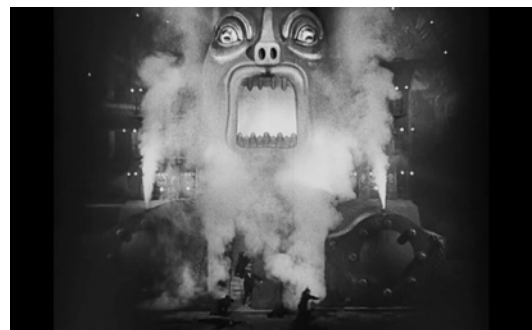
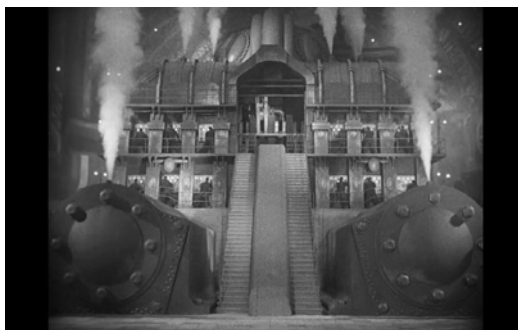
Pourtant les installations techniques, en tout cas celles visitées dans le cadre de ce travail¹, ne ressemblent que peu à l'image d'une machine qui dévore les hommes, à la manière de celles de *Metropolis*². Dans ce film l'échelle même de la machine est encore apparentée aux hommes, et dans le face-à-face qu'elle leur impose, elle les écrase et les dévore. Les machines telles que visibles à Gösgen sont si démesurées que la confrontation avec la machine n'a pas lieu, tant l'homme semble minuscule et anecdotique face au gigantisme des installations. Là où l'on pensait trouver le Moloch qui *écrase* les hommes, on a trouvé le Robot qui *remplace* les hommes³.

1. les turbines des salles des machines de Mühleberg et Gösgen

2. dans le chef-d'oeuvre de LANG, Fritz, *Metropolis*, 145mn (version restaurée de 2010), 1927.

3. d'après la distinction opérée dans HOCQUENGHEM & SCHERER, Guy et René, *L'âme atomique: pour une esthétique d'ère nucléaire*, Albin Michel, Paris, 1986. p45

fig g et h. frames extraites du film *Metropolis*, montrant d'abord la machine qui fait travailler les hommes, avant de montrer sa transformation en Moloch pour dévorer les hommes



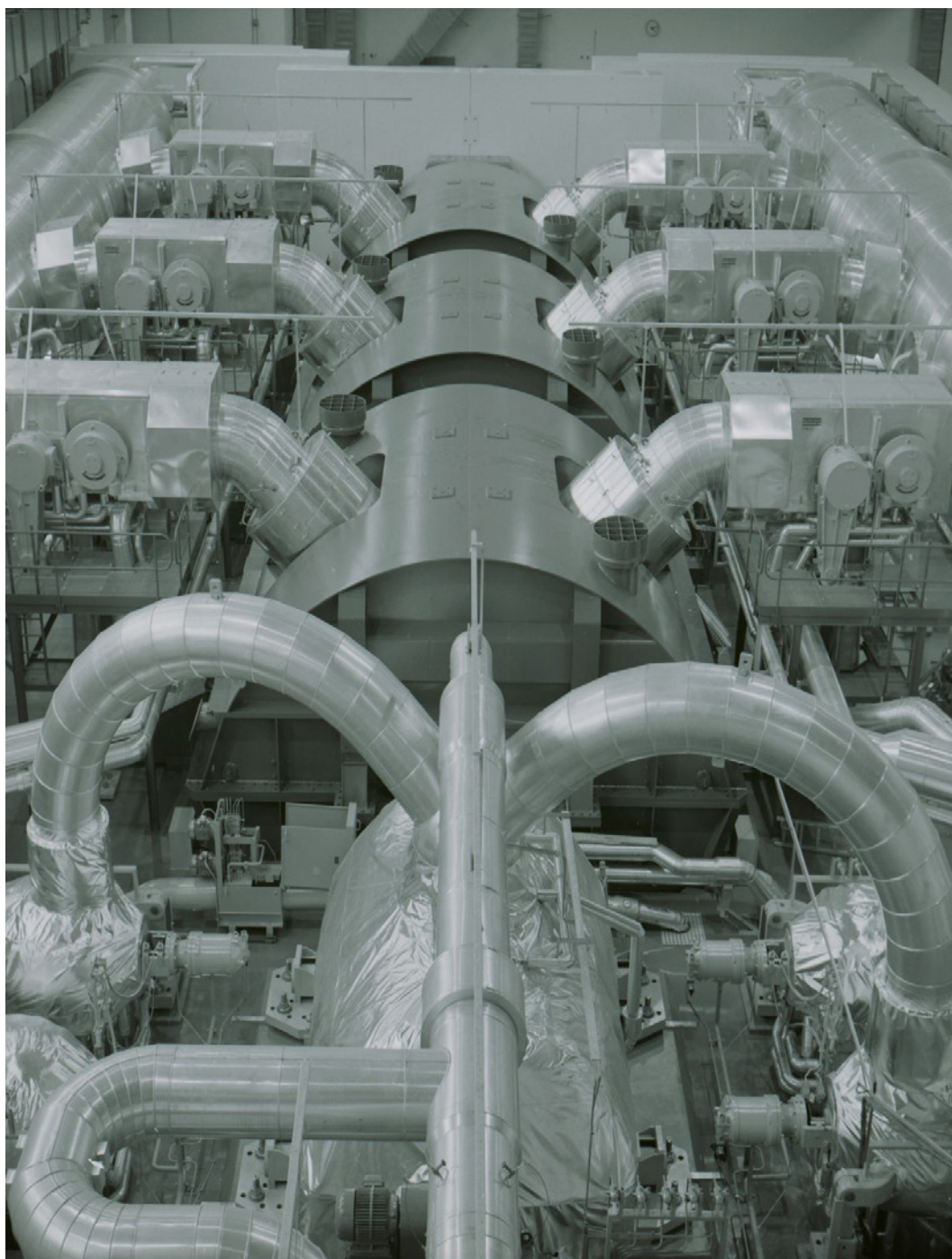


fig i. Le groupe de turbines de la centrale de Leibstadt, l'arbre de transmission fait plus de 50m.

4. d'après les explications de LAMIRAND, Vincent, Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes, Réacteur expérimental CROCUS

5. D'après le récit de DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, entretien du 15.11.2017

6. communication lors de la visite de la Centrale Nucléaire de Mühleberg, le 16 décembre 2017

7. communication lors de la Visite-guidée de la Centrale Nucléaire de Gösgen, de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

8. *ibid.*,

9. voir l'annexe sur l'entretien d'André Durussel

Néanmoins, face à la machine, il y a encore des humains aux commandes. Les opérateurs du réacteur sont répartis en groupes qui travaillent toujours ensemble, car maintenir l'intégrité de l'équipe est important pour la sécurité. Ainsi, les rôles sont clairement définis, et les réactions et les personnalités sont connues⁴. L'esprit de corps est donc très important dans cette industrie, et peut perdurer au-delà de la durée de vie de la centrale. Ainsi, il existe une amicale des anciens de Lucens qui est toujours active⁵.

La tâche principale en salle de commandes est la surveillance du fonctionnement du réacteur, or celui-ci est particulièrement stable et rend le travail routinier, ce qui fait dire à certains à propos des opérateurs, que "*la plupart ils ne font rien*"⁶. Idéalement le réacteur devrait fonctionner *comme un moteur de voiture sur une autoroute*⁷ en ceci qu'il ne devrait avoir aucune turbulence ou à-coups dans son régime. C'est en restant parfaitement stable et régulier que les installations sont le moins sollicitées et auront une durée de vie la plus longue possible. C'est ce qui fait dire aujourd'hui aux opérateurs de la centrale de Gösgen que celle-ci devrait pouvoir fonctionner encore très longtemps grâce à son nombre particulièrement faible d'arrêts d'urgence⁸.

La situation dans la centrale expérimentale de Lucens était, d'après le témoignage d'André Durussel, bien différente. Le travail des techniciens était soutenu, la gestion de la stabilité du réacteur nécessitant une attention constante, et un important travail de traitement des données fournies par les instruments de mesure⁹. Pour tempérer l'optimisme affiché dans les centrales en fonctionnement, on peut oser la comparaison avec le bref fonctionnement de la centrale de Lucens. On sait en effet aujourd'hui, que si elle a pu donner l'impression à ses opérateurs qu'elle fonctionnait normalement, en réalité des mécanismes dysfonctionnaient pendant l'utilisation de la centrale. Ce sont ces processus invisibles, qui ont conduit la centrale de Lucens vers un accident catastrophique, la menant à une fin prématurée. D'ailleurs la plupart des incidents nucléaire partent de petits problèmes mécaniques qui insidieusement deviennent plus graves.



fig j. Salle de commandes de la centrale de Lucens, les salles de commandes des centrales en activité diffèrent peu de celle-ci.

DESTINS

fig a. Un dessin
de Claude Parent
évoquant la fin des
centrales, envahies
par la nature.



by Mars 90.

Nature by Mars 80.

DESTINS

Quels destins pour les centrales?

1. PARENT, Claude,
*Les Maisons de
l'Atome*, Editions
du Moniteur, Paris,
1983. p57

Comment se terminent les narrations individuelles et l'ensemble de cette courte et intense aventure? Lorsque l'on planifie la construction des premières centrales nucléaires, on se pose déjà des questions sur la fin de leur exploitation. Dans les années 70, le collège des architectes du nucléaire a étudié deux scénarios de fin: soit *“l'emprise est conservée [...] et la centrale fera place à une installation plus performante”*, soit *“le site est rendu à la région.”*¹

Face aux scénarios idéaux de cycle de vie des centrales, l'histoire mène à des issues différentes. Certains projets dont la construction avait pourtant commencé ont finalement été arrêtés (Kaiseraugst). Certains projets vont être démantelés, sans que la future utilisation de leur terrain soit définie (Mühleberg). D'autres encore ont vu se produire des incidents qui ont obligé à stopper définitivement leur exploitation (Lucens). Ainsi, le scénario initial de **construction -> exploitation -> démantèlement/réutilisation**, n'est qu'une possibilité parmi d'autres.

Raconter le destin des centrales nucléaires suisses, c'est évoquer des destins très différents et contrastés. Nous allons donc passer en revue dans les chapitres suivants les différentes fins qu'ont eu ou qu'auront les centrales nucléaires suisses. Et si certaines histoires sont pour le meilleur et pour le pire déjà écrites, d'autres demandent peut-être une aide maïeutique, de manière à donner un sens à l'aventure qu'elles représentent.

ABANDONS

L'abandon du projet est un destin courant pour les centrales nucléaires.

Elaborer le projet d'une centrale, établir les études de site, obtenir les autorisations fédérales, n'est pas une formalité. Il faut aussi parfois composer avec l'opposition résolue des citoyens des villages alentour, voire du pays entier. L'étude d'un projet de centrale nucléaire puis sa réalisation peuvent prendre un temps considérable (de nombreux projets s'étalent sur 10 ans). Sur cette longue échéance, la politique nationale et internationale peut également fluctuer, notamment suite à des accidents nucléaires qui marquent les esprits et influencent les chances de réussite des projets. Les centrales apparaissent dans une phase d'optimisme technologique et leurs projets se multiplient dans les années 60. Mais l'engouement retombe dans les années 70 et les projets qui se développent alors aboutissent de plus en plus rarement.

Ainsi, le destin de la majorité des centrales nucléaires projetées en Suisse est tout simplement l'abandon. C'est finalement une minorité de projets, préparés et réalisés dans une fenêtre de temps très réduite, qui seront construits.

KAISERAUGST

Le projet de centrale nucléaire à Kaiseraugst est une improbable épopée qui dure presque vingt ans, et qui finit par son abandon. Ce projet permet néanmoins de mettre en lumière le défi difficile que le nucléaire pose à la politique suisse, les différents mouvements citoyens qui se forment, l'influence d'incidents à l'étranger et surtout d'expliquer les abandons en série des projets de centrales dans les années 70.

Comme la plupart des projets suisses, il démarre dans les années 60. La société Motor Columbus achète un terrain à Kaiseraugst dans le but d'y installer une centrale thermique à mazout. Mais "*en décembre 63, un vote populaire repousse le projet de centrale thermique.*"¹, ce qui illustre le fait que les habitants sont déjà sensibles aux pollutions de leur environnement. L'entreprise repense le projet, et forme un consortium dans le but de réaliser une centrale nucléaire en lieu et place de la centrale à mazout. L'idée que l'énergie nucléaire est une solution plus respectueuse de l'environnement est une rhétorique répandue à cette époque² En 1966, Motor Columbus demande donc un permis de site pour la construction d'une centrale avec refroidissement fluvial direct.

Kaiseraugst est à cette époque une commune de moins de 3'000 habitants, comme les autres communes accueillant des centrales nucléaires en Suisse, les bénéfices économiques potentiels d'une telle installation sont donc importants. La situation est différente à Bâle, dont le centre-ville est à seulement 12 kilomètres. L'inquiétude des habitants des deux cantons bâlois face à une centrale nucléaire si proche sera un des moteurs principaux des oppositions à Kaiseraugst. Après une autorisation de site accordée en décembre 1969, c'est le rapport Baldinger qui va amener une première difficulté. Publié en 1971, il oblige les nouvelles centrales à s'équiper de tours aéroréfrigérantes. Le projet est donc révisé, on ajoute deux tours de refroidissement, et on en profite pour augmenter la puissance électrique prévue.

Les habitants tolèrent mal l'agrandissement du projet et surtout l'ajout de deux gigantesques tours de refroidissement. La commune de Kaiseraugst organise un vote consultatif, pendant lequel les habitants s'opposent pour la première fois au projet de centrale dans sa version avec tours de refroidissement. Le

1. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988. p13

2. voir *Relations entre les usines hydroélectriques et les centrales* p56.

conseil communal suit la consultation populaire et rejette le projet de Motor Columbus. Mais les industries et la confédération ne vont pas se laisser impressionner par l'opposition du village.

*"En juillet 73, le tribunal fédéral refuse d'entrer en matière au sujet des recours déposés par la commune de Kaiseraugst et par le gouvernement de Bâle-Ville. Il juge la légitimation des plaignants insuffisante face à l'importance de l'intérêt national."*³ C'est un des arguments centraux avancés par les partisans de la centrale: la Suisse ayant besoin d'un approvisionnement sûr en électricité, elle a besoin de centrales nucléaires, c'est une question d'intérêt national. Ils considèrent donc que le refus des communes d'accueillir des centrales est un acte égoïste. Forcé par les jugements fédéraux, le conseil communal délivre le 5 décembre 1973 le permis de construction, et le 29 janvier 1974 se forme la Centrale Nucléaire de Kaiseraugst S.A.

L'hostilité entre les anti- et les pro- nucléaires se cristallise. Tant au niveau cantonal qu'à l'intérieur même du village le sujet devient rapidement émotionnel: *Deux bistrots pour les pronucléaires, deux pour les antinucléaires; ils se partagent le territoire.*⁴

3. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988. p18

4. *ibid.*,

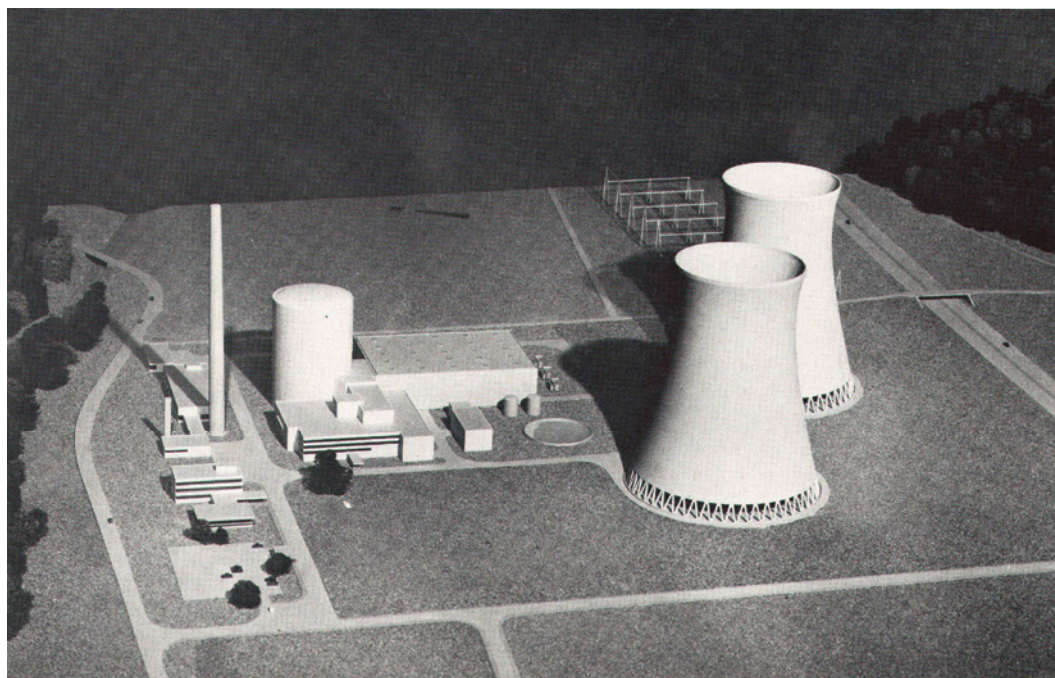


fig b. Une maquette du projet révisé de Kaiseraugst, avec ses deux tours de refroidissement.

* *Plus Jamais de Centrales atomiques*

** *Action Non-violente Kaiseraugst*

5. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988, p24

*** *Action Non-violente Contre la Centrale de Kaiseraugst*

Les antinucléaires de la région bâloise fondent NWA (Nie Wieder Atomkraftwerke*) un comité contre la construction de centrales nucléaires. Il est formé d'ingénieurs, d'architectes, de politiciens... De jeunes socialistes formeront un autre groupe plus virulent le GAK (Gewaltfreie Aktion Kaiseraugst**).

Les travaux de terrassement commencent le 24 Mars 1975. Le lundi suivant, les membres du GAK qui ont passé la nuit sur place occupent par centaines le chantier. Les ouvriers ne peuvent que constater l'impossibilité de reprendre le travail. *"La nouvelle se répand immédiatement : Le chantier de Kaiseraugst est occupé par les antinucléaires."*⁵ Les comités antinucléaires avaient pu mesurer leur popularité avec leurs précédentes actions, mais ce coup de force est une victoire d'un autre calibre.

L'occupation se poursuit et se renforce avec le temps. Les militants les plus déterminés assurent la permanence de l'occupation, jour et nuit. Des militants très marqués à gauche forment un nouveau groupe distinct du GAK et du NWA, le GAGAK (Gewaltfreie Aktion gegen das AKW Kaiseraugst***). Les occupants constituent bientôt une petite société, avec des installations de moins en moins provisoires construites sur place. Les larges soutiens de sympathisants et de voisins qui leur amènent de la nourriture et du matériel leur permettent de tenir. Tout au long de l'occupation les manifestants négocient avec le conseil fédéral pour obtenir la tenue de pourparlers sur le destin du nucléaire en Suisse et de Kaiseraugst en particulier.

Le canton d'Argovie constate que ses forces de police sont bien trop faibles pour déloger les occupants, et demande de l'aide aux cantons de Bâle-Ville et Bâle-Campagne, qui la lui refusent. Le conseil fédéral refuse également d'intervenir, et propose à l'Argovie de demander de l'aide policière à d'autres cantons. On constate ici toute la difficulté à laisser les cantons gérer un sujet dont l'impact est d'échelle nationale.

L'occupation se prolonge pendant 73 jours. C'est au moment où le gouvernement Argovien s'est finalement entendu avec d'autres canton pour intervenir massivement et déloger les occupants que les négociations de ceux-ci avec le conseil fédéral aboutissent. Avec la garantie que des pourparlers publics sur *Kaiseraugst* auront lieu, les manifestants démontent le camp.

Des négociations s'ouvrent donc entre les représentants des groupes d'occu-



fig c. Une manifestation anti-nucléaire à Gösgen en 1977, la police argovienne charge les manifestants.

pants de Kaiseraugst d'une part et plusieurs conseillers fédéraux d'autre part. Les deux camps sont chacun accompagné par un collège d'experts, acquis à leur cause. Leurs intenses discussions s'étaleront sur plusieurs mois et aboutiront à la garantie que certaines requêtes des habitants autour de la centrale seront étudiées. *On attendra donc le résultat de ces enquêtes avant de prendre une décision quelconque au sujet de la poursuite des travaux.*⁶ Cette petite victoire pour les antinucléaires leur permet surtout de gagner beaucoup de temps.

Convaincu qu'il faut faire évoluer les mentalités des habitants mal informés sur le nucléaire, le conseil fédéral fait construire un pavillon d'information sur le site de Kaiseraugst. Le pavillon sera *plastiqué* en février 1979. La lutte contre la centrale se poursuit par tous les moyens, notamment légaux et législatifs, et plusieurs initiatives contre le nucléaire sont lancées sans succès. Il y aura également toute une série d'autres actions de violence et de sabotage, jamais revendiquées. Les voitures de certains entrepreneurs et officiels liés au nucléaire seront incendiées. Le 30 janvier 1983 des opposants font exploser un pylône électrique, qui provoquera quelques millions de francs de dégâts. Ces années seront marquées par d'interminables oppositions et difficultés juridiques, mais le projet de centrale franchit lentement tous ces obstacles et semble en passe d'être réalisé. Dans ce domaine où les exigences de sécurité et la technologie évoluent rapidement, le projet original est devenu obsolète et

6. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988. p44

les entrepreneurs de la centrale lancent de nouveaux appels d'offre pour l'actualiser. Malgré de nouveaux retards, toutes les demandes de sécurité, d'autorisations, semblent en passe d'être obtenues.

Les catastrophes de Lucens et de Three Mile Island n'avaient finalement que peu infléchi l'opinion publique en Suisse. Malgré leur gravité ils ne semblaient n'avoir eu aucune conséquence sur la population. Alors que le projet de Kaiseraugst semble en 1987 en passe d'être relancé, la catastrophe de Tchernobyl a lieu.

Cet accident est tout à fait différent, il y aura des morts, et un nuage radioactif sur toute l'Europe. C'est le plus grave accident nucléaire que le monde a connu jusqu'ici. Au-delà de ses conséquences dramatiques à l'intérieur même de l'URSS, les conséquences seront importantes dans de nombreux autres pays.

*La Suède incinère ses troupeaux de rennes parce que leur viande est impropre à la consommation. En europe centrale, on détruit des tonnes de légumes contaminés; on ne boit plus le lait des vaches qui sont aux pâturages; les poissons du lac de Lugano montrent une radioactivité inquiétante.*⁷ Même le président de la commission fédérale de surveillance de la radioactivité en Suisse est forcé de reconnaître:

*"Jamais je n'aurais cru qu'un accident à une telle distance puisse avoir de pareilles répercussions chez nous."*⁸ Pourtant cette catastrophe ne sonne pas immédiatement le glas du projet de centrale de Kaiseraugst.

Les autorités tiennent bon, et continuent d'affirmer que la construction de la centrale débutera bientôt. Des manifestations se font à Bâle, où des banderoles proclament : *"1'000 kilomètres jusqu'à Tchernobyl, 10 jusqu'à Kaiseraugst."*⁹

Ainsi alors même que la catastrophe de Tchernobyl semble avoir porté un coup terrible au développement des projets de centrale en Suisse, le projet redémarre, dans une version sans tours de refroidissement, ce qui semble bien étonnant au vu du rapport Baldinger...

C'est une des particularités du projet de Kaiseraugst, d'être constamment entre l'impossibilité de construire et un démarrage imminent.

7. CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Lausanne, 1988. p106

8. *ibid.*,

9. *ibid.*, p103

Finalement, le 2 mars 1988, les forces pronucléaires aux chambres fédérales proposent d'abandonner le projet de Kaiseraugst. On explique que l'énergie nucléaire doit rester un choix possible en Suisse à l'avenir, mais que ce projet de centrale à Kaiseraugst met en péril toute la filière et que ce projet coûte très cher à maintenir. L'opinion se répand qu'il est peut-être temps d'arrêter les frais.

Des négociations sont donc initiées sur le dédommagement de la société S.A Kaiseraugst, qui réclame d'abord la somme de 1.25 milliards de francs, avant de voir son montant réévalué à 350 millions. En octobre 1988, l'abandon du projet est définitif.

On voit que les projets de centrales nucléaires dans le pays, bien qu'étant l'initiative d'entreprises privées, sont tributaires des tensions politiques, de l'actualité internationale, et des fluctuations de l'opinion publique. Les investissements en temps et en argent sont colossaux et rendent tout changement de cap difficile.

Le projet de Kaiseraugst aura mis en évidence les limites de l'appareil législatif suisse en matière de nucléaire. La gestion cantonale d'un projet national a été un problème constant, tout comme la possibilité pour les opposants de lancer sans cesse des initiatives de manière à ralentir les projets. Ces difficultés obligeront plusieurs fois la confédération à céder face aux manifestants.

BEAUCOUP DE PROJETS ABANDONNÉS

La liste pléthorique des projets de centrales nucléaires abandonnés évoque en creux l'existence d'un âge d'or de l'atome en Suisse, durant lequel l'enthousiasme pour cette énergie rendait envisageables tous les projets.

En Suisse tous les projets abandonnés l'ont été avant leur construction, Kaiseraugst étant le seul dont la construction a été commencée brièvement (quelques travaux de fondations) avant d'être arrêtée. Dans le sillage de Kaiseraugst, d'autres projets seront abandonnés dans les années 80 et 90.

Le projet de centrale à Graben dans le canton de Berne provoqua également d'importantes manifestations des opposants et fut abandonnée dans les années 90. Les projets de centrales à Verbois près de Genève, Inwil près de Lucerne et Rüthi près de Saint-Gall furent également tous abandonnés, parfois avant leur autorisation de site, parfois après l'obtention de ces autorisations. Certains projets avaient pourtant été longuement développés et avaient pu faire l'objet d'importantes études d'implantation.



fig d. Tour de refroidissement de la centrale de Rüthi, vue depuis l'Autriche, photo-montage

A l'étranger la situation a parfois été différente. Si de nombreux projets ont comme en Suisse, été abandonnés avant le début de leur construction, d'autres ont été arrêtés bien plus tardivement. Certains projets de centrales ont ainsi presque été menés à terme, mais furent interrompus juste avant l'apport de combustible au réacteur.

Ainsi, certains projets abandonnés sont emblématiques de la lutte antinucléaire de leur pays. En Espagne la centrale de Lemoiz n'a jamais été mise en service suite au long combat d'activistes, qui ont manifesté parfois par dizaines de milliers contre le projet. C'est aujourd'hui une centrale vide, toujours en attente d'être démontée ou recyclée. En Autriche, la centrale de Zwentendorf n'a également jamais été mise en service, le pays ayant abandonné son programme nucléaire. Cette centrale est ouverte au public, et sert encore à certaines formations pour l'opération de centrales nucléaires.

Ces centrales jamais mises en service sont étonnamment, plutôt nombreuses au regard des investissements que représentent la construction d'une telle installation.

ACCIDENTS

Les accidents graves, bien que rares, sont une des causes possibles de la fin de l'exploitation d'une centrale.

Le fonctionnement des centrales nucléaires présente des risques importants, leur exploitation est donc nécessairement liée à la gestion de ce risque.

1. FARMER, FLETCHER et FRY, *Safety Considerations for Gas Cooled Thermal Reactors of the Calder Hall Type*, Conférence à Genève, 1959.

"Aucune activité humaine n'est sans risque, cependant, toutes les précautions possibles concrètement devraient être prises pour réduire les risques à un faible niveau de probabilité qui soit socialement et économiquement acceptable.¹"

2. FOASSO, Cyrille, *Atomes sous surveillance: une histoire de la sûreté nucléaire en France*, Peter Lang, Bruxelles, 2012. p315

Or, l'industrie nucléaire se targue d'un taux extrêmement faible d'accident par années d'utilisation. Pourtant, après d'importantes études, le Chef du Département de Sûreté Nucléaire au Commissariat à l'Énergie Atomique, Pierre Tanguy, est forcé d'admettre que la *"...fiabilité des équipements n'est pas aussi bonne qu'on aurait pu le croire, et ... elle n'est pas supérieure à celle des équipements comparables utilisés dans les autres branches industrielles. C'est surprenant lorsqu'on considère l'effort particulier de qualité..."*² Il explique que c'est lié à l'aspect prototypique de chaque installation nucléaire. Cette conclusion démontre toute l'utilité des dispositifs de sécurité des centrales nucléaires, qui tentent d'amoindrir les conséquences des défaillances qui sont liées justement à l'aspect expérimental de chaque composant.

DES INCIDENTS MONDIAUX

L'histoire du nucléaire est jalonnée d'accidents, qui remettent en cause l'optimisme des exploitants. On peut citer quelques accidents qui feront évoluer de manière significative la manière d'aborder la sûreté en matière de nucléaire: À Windscale en 1957 se produit un accident qui pour la première fois

*"... va avoir de profondes répercussions sur la prise en compte du risque nucléaire et conduire à la mise en place d'organisations spécifiquement chargées des problèmes de sécurité nucléaire."*¹

Plus frappant encore par sa gravité, l'accident de Three Mile Island en 1979, marque la grande rupture dans l'histoire de la sûreté nucléaire.² Cet accident fera durablement évoluer l'étude des incidents.

*"Des sujets tabous jusqu'ici, la fusion du cœur, l'intégrité du confinement en cas d'accident, deviennent sujet d'étude, des mesures sont prises non seulement pour prévenir ces situations, mais pour en limiter les conséquences."*³

La confiance dans les installations était telle que ces défaillances majeures n'étaient même pas considérées dans les études de sécurité.

L'exemple le plus extrême est bien entendu l'accident de Tchernobyl qui a justement *"pour origine un essai de sûreté prévu sur la tranche no4 avant son arrêt pour entretien."*⁴ L'impact psychologique de cet accident sera énorme dans le monde, notamment en Suisse, où il assène le coup de grâce à la construction de la centrale de Kaiseraugst, et donne raison aux groupes antinucléaires qui prédisaient ce type de catastrophes. Cependant, l'impact de cet accident sur les procédures de sûreté sera moindre, celles-ci ayant déjà passablement été remaniées après l'accident de Three Mile Island.

Plus récemment, *"L'accident nucléaire du 11 mars 2011 à Fukushima est venu rappeler qu'une puissance économique avancée, à la pointe sur le plan technologique, n'est pas à l'abri d'une surprise..."*⁴

Chacun de ces accidents a obligé les exploitants des centrales à revoir leurs études sur la vulnérabilité de leurs réacteurs, et à remettre en cause les scénarios d'accident envisagés. On comprend donc que la sécurité n'est pas un fait

2. FOASSO, Cyrille, *Atomes sous surveillance: une histoire de la sûreté nucléaire en France*, Peter Lang, Bruxelles, 2012. p94

2. *ibid.*, p379

3. *ibid.*

4. PIGUET, Frédéric-Paul, *Etude sur la vulnérabilité de la Suisse en cas d'accident nucléaire majeur sur le territoire national*, Institut Biosphère, Genève, 2015. p14

objectif. Elle est le résultat d'une pesée d'intérêts et de la culture de la sécurité propre à une entreprise, à un pays.

5. Plusieurs échelles ont été utilisées par différentes agences, c'est le système INES qui est maintenant le plus utilisé.

6. AIEA, *Échelle Internationale des Événements Nucléaires et Radiologiques: Manuel de l'Utilisateur*, AIEA, 2011. p2

C'est suite à l'accident nucléaire de Tchernobyl que L'agence internationale de l'énergie atomique a donné aux accidents nucléaires une échelle propre, qui classe les incidents du simple *écart* à l'*accident majeur*. Ce système de classement, appelé INES note maintenant⁵ les incidents selon une échelle de 0 à 7.

*"Les événements sont considérés sous l'angle de leur impact dans trois domaines différents: impact sur la population et l'environnement, impact sur les barrières et les contrôles radiologiques dans les installations et impact sur la défense en profondeur."*⁶

Cet impact localisé ou global classe les événements sur l'échelle. Si ces événements ne dépassent pas le niveau 4 ils sont considérés comme **incidents**, et s'ils sont supérieurs ou égaux à 4 ils sont considérés comme **accidents**.

Ce système à échelle fermée évoque l'échelle de Richter, ou plus anciennement l'échelle de Mercalli. L'échelle INES de classification des accidents a été créé pour faciliter la compréhension et la communication autour des incidents liés au nucléaire. L'échelle des catastrophes nucléaires amène une vision des accidents qui les rapproche des grandes catastrophes naturelles. Leurs conséquences cataclysmiques semblant échapper à l'homme, qui ne peut que les constater et les classer.

La possibilité d'un accident grave en Suisse, a été étudiée pendant le développement des centrales, lors de leur implantation. Mais les conséquences réelles d'un accident majeur en Suisse sont peu connues, l'*Institut Biosphère* en Suisse, a réalisé un important rapport sur la question.

7. PIGUET, Frédéric-Paul, *Etude sur la vulnérabilité de la Suisse en cas d'accident nucléaire majeur sur le territoire national*, Institut Biosphère, Genève, 2015. p3

*"Ce rapport identifie la faiblesse stratégique et la vulnérabilité de la Suisse à un accident nucléaire majeur."*⁷ " Pour établir cette vulnérabilité, le rapport analyse et *"...compare l'environnement stratégique des 4 centrales nucléaires suisses avec celui des 190 autres centrales nucléaires dans le monde..."*⁸ "

8. *ibid.*

Il apparaît que les centrales suisses sont particulièrement proches des centres urbains, bien plus que dans la plupart des pays de monde.

INES

ÉCHELLE INTERNATIONALE DES ÉVÉNEMENTS NUCLÉAIRES ET RADIOLOGIQUES

DESCRIPTION GÉNÉRALE DES NIVEAUX DE L'INES			
Niveau de l'INES	Population et environnement	Barrières et contrôles radiologiques	Défense en profondeur
Accident majeur Niveau 7	Rejet majeur de matières radioactives avec des effets considérables sur la santé et l'environnement exigeant la mise en œuvre des contre-mesures prévues, voire plus.		
Accident grave Niveau 6	Rejet important de matières radioactives exigeant probablement la mise en œuvre des contre-mesures prévues.		
Accident ayant des conséquences étendues Niveau 5	- Rejet limité de matières radioactives exigeant probablement la mise en œuvre de certaines des contre-mesures prévues. - Plusieurs décès radio-induits.	- Endommagement grave du cœur du réacteur. - Rejet de grandes quantités de matières radioactives dans l'installation avec une probabilité élevée d'exposition importante du public. Ceci pourrait résulter d'un accident de criticité ou d'un incendie majeur.	
Accident ayant des conséquences locales Niveau 4	- Rejet mineur de matières radioactives n'exigeant probablement pas la mise en œuvre de contre-mesures prévues autres que la surveillance des aliments locaux. - Au moins un décès radio-induit.	- Fusion ou endommagement du combustible provoquant le rejet de plus de 0,1 % de la radioactivité du cœur. - Rejet de quantités importantes de matières radioactives dans l'installation avec une probabilité élevée d'exposition importante du public.	
Incident grave Niveau 3	- Exposition dépassant dix fois la limite annuelle réglementaire pour les travailleurs. - Effets sanitaires déterministes non létaux (brûlures, par exemple) radio-induits.	- Débits d'exposition de plus de 1 Sv/h dans une zone de travail. - Contamination grave d'une zone censée ne pas être contaminée de par sa conception, avec une faible probabilité d'exposition importante du public.	- Accident évité de peu dans une centrale nucléaire avec défaillance de toutes les dispositions en matière de sûreté. - Perte ou vol de sources scellées de haute activité. - Erreur de livraison d'une source scellée de haute activité, sans procédures adéquates pour y faire face.
Incident Niveau 2	- Exposition d'un membre du public dépassant 10 mSv. - Exposition d'un travailleur dépassant les limites annuelles réglementaires.	- Intensité de rayonnement dans une zone de travail dépassant 50 mSv/h. - Contamination importante dans une installation d'une zone censée ne pas être contaminée de par sa conception.	- Défaillances importantes des dispositions en matière de sûreté, mais sans conséquences effectives. - Découverte d'une source scellée orpheline, d'un appareil ou d'un colis de haute activité sans défaillance des dispositions en matière de sûreté. - Emballage incorrect d'une source scellée de haute activité.
Anomalie Niveau 1			- Surexposition d'un membre du public dépassant les limites annuelles réglementaires. - Problèmes mineurs liés aux composants de sûreté, avec maintien d'une solide défense en profondeur. - Perte ou vol d'une source, d'un appareil ou d'un colis de faible activité.
AUCUNE IMPORTANCE DU POINT DE VUE DE LA SÛRETÉ (En dessous de l'échelle/niveau 0)			

fig e. Echelle de classification des incidents nucléaires et radiologiques INES. L'accident de la centrale nucléaire de Lucens est classé au niveau 4

9. PIGUET, Frédéric-Paul, *Etude sur la vulnérabilité de la Suisse en cas d'accident nucléaire majeur sur le territoire national*, Institut Biosphère, Genève, 2015. p3

10. Comme l'a indiqué son auteur, PIGUET, Frédéric-Paul, Docteur en Géosciences et environnement, Responsable enseignement et projets à l'Institut Biosphère rencontré le 30.11.2017

11. Comme l'a indiqué WILDI, Walter, ancien président Commission pour la sécurité des installations nucléaires (KSA) 2002 – 2007, rencontré le 30.11.2017

fig f. Les tablettes d'iode, permettant de limiter les risques de cancer de la thyroïde en cas de contamination radioactive. La zone de distribution aux citoyens de ces tablettes a évolué en 2014, et représente maintenant les zones ici en rouge.

L'impact social et économique d'un accident majeur en Suisse serait ainsi tout à fait catastrophique:

*"En terme de déplacement de population, de perte de territoire, d'appauvrissement du pays, de fragilisation institutionnelle, de risque d'éclatement du pays, un accident nucléaire majeur dans l'une des centrales nucléaires aurait un coût équivalent, vu l'exiguïté du territoire suisse, à l'impact d'une guerre."*⁹

Cet impact énorme est dû notamment à la morphologie des centres économiques et des réseaux de transports en Suisse, qui forment une longue bande qui serait coupée en deux par un accident nucléaire majeur. Le rapport explique que malgré l'extrême rareté des accidents, un incident majeur en Suisse serait si catastrophique qu'on est en droit de se demander si l'exploitation de centrales aussi proches des centres économiques d'un pays aussi petit est raisonnable. Les conclusions de ce rapport ont été largement reprises dans les médias¹⁰.

Celui qui peine à imaginer comment pourrait arriver un accident majeur en Suisse peut se rappeler les tremblements de terre de Bâle au moyen-âge, ou le fait que le site de la centrale de Mühleberg est dans une zone *vulnérable à des crues peu exceptionnelles*¹¹.

Ainsi, même la Suisse n'est pas à l'abri de catastrophes nucléaires. Elle a connu quelques incidents mineurs, comme dans le réacteur de Diorit, sans pour autant que l'intégrité des structures oblige à un démantèlement. Cependant c'est l'accident de Lucens en 1969 qui est considéré comme une catastrophe majeure du nucléaire en Suisse. En effet, la fusion partielle du réacteur et le rejet massif de radioactivité dans la caverne du réacteur classe cet accident au niveau IV sur l'échelle INES.



LUCENS, L'ACCIDENT

Il est un nom qui ne résonne pas dans notre inconscient comme peuvent le faire Tscher-No-Byl, Harr-Is-Burg, Sell-A-Field, Hi-Ro-Shi-Ma (d'après la chanson de Kraftwerk¹), c'est: LUCENS. Un village paisible du Gros-de-Vaud, et pourtant la centrale nucléaire expérimentale qui s'y trouvait a dû être arrêtée brutalement suite à un accident considéré comme l'un des 10 plus graves accidents nucléaires dans le monde².

Après les doutes émis par la population au sujet de la sécurité de la centrale de Lucens, le conseiller fédéral Hans Streuli déclare avec confiance: *"Ein Werk wie das versuchsatomkraftwerk Lucens explodiert nicht, denn es kann gar nicht explodieren."*³

(Une usine comme la centrale nucléaire expérimentale de Lucens n'explose pas, car elle ne peut même pas exploser.)

L'optimisme affiché semble justifié dans un premier temps puisque le réacteur permet dans la nuit du 29 au 30 janvier 1968 la première production d'énergie électrique d'origine nucléaire dans notre pays. Le succès des premiers essais de production amène à la cession de la gestion du réacteur à la société Energie Ouest Suisse, afin d'en démarrer l'exploitation. Après l'arrêt du réacteur pour des révisions, on le remet en service le 21 janvier 1969 à 4 heures du matin. Après une progression régulière de la puissance dans le courant de la journée pour atteindre 9 MW, le réacteur atteint peu après 17 heures une puissance de 12 MW⁴. A 17h20, plusieurs alarmes se déclenchent dans la salle de contrôle, indiquant une perte de pression dans le circuit de refroidissement au gaz carbonique. Des indications données par les instruments on déduit que le gaz s'échappe, et que l'eau lourde modératrice se vide également dans la caverne. Rapidement

*"...zeigten so viele Instrumenten abnorme Werte an, dass eine Interpretation der Anzeigen nicht mehr möglich war."*⁵

(...tant d'instruments affichaient des valeurs anormales qu'une interprétation des données n'était plus possible.)

L'arrêt d'urgence se fait en quelques secondes avec l'insertion des barres de contrôle, qui en absorbant les neutrons émis par les barres de combustibles, empêchent la réaction en chaîne. Les opérateurs imaginent que l'opération

1. la chanson de 1975 est réenregistrée en 1991 pour ajouter les références aux accidents les plus récents, K R A F T W E R K , *Radioactivity*, *The Mix*, Kling Klang, 1991.

2. dans l'interpellation au conseil d'état de Pierre-André Gaille, *Accident nucléaire de Lucens en 1969, grave accident ou simple avarie ?*, novembre 2011.

3. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p9

4. *ibid.*, p251

5. *ibid.*, p252

6. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p252

fig g. Le tube de force de l'élément 59, éclaté sous la pression interne

7. D'après les explications de DUBUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, 15.11.2017

8. Analyse de l'accident par l'ENSI, <https://www.ensi.ch/fr/2012/05/31/serie-de-lucens-analyse-profonde-de-l'accident/>

d'arrêt a fonctionné, "*...ob dies tatsächlich der Fall war, konnte aus mangelndem Sichtkontakt niemand überprüfen. Die Tragweite oder gar die Ursache des Geschehenen war für das Betriebspersonal völlig überblickbar.*"⁶ "*(... si c'était effectivement le cas, personne ne pouvait le vérifier par manque de visibilité. La portée ou même la cause des événements était complètement inobservable pour le personnel d'exploitation.)*"



Ce n'est qu'en explorant la caverne dans les jours qui suivent que l'on se rend compte de l'importance des dégâts. L'exploration est difficile, puisque dans un premier temps la radioactivité est trop importante pour que des hommes puissent approcher le réacteur. L'observation du réacteur se fait d'abord avec *des caméras inventées pour l'occasion*⁷.

Il apparaît rapidement que les dégâts du réacteur sont tels qu'une remise en service est inenvisageable, et qu'il faudra démanteler toute la structure.

Une commission d'enquête sera chargée d'éclairer les causes et les responsabilités de l'accident, elle mettra 10 ans à terminer son travail.

Il apparaît que le problème vient du système de refroidissement. Celui-ci fonctionnait avec un flux de gaz carbonique qui circulait entre les tubes en magnésium qui contiennent l'uranium. Le problème étant que ce circuit de refroidissement devait rester absolument sec, car l'eau peut réagir avec le magnésium des tubes. Or, un peu d'eau s'était infiltrée dans le circuit de refroidissement, et celle-ci a corrodé les tubes de force, altérant leur structure. Ainsi, "*...l'élément combustible 59 s'est trouvé insuffisamment refroidi du fait de la réduction du débit de CO₂ inhérent au colmatage du tube de force.*"⁸

La température du tube augmente rapidement, mais les opérateurs ne s'en rendent pas compte tout de suite, car tous les tubes ne sont pas équipés de capteurs de température. La gaine de magnésium commence à fondre, suivie par son contenu en uranium.

La température devient telle que “*ce processus de fusion a ensuite gagné de proche en proche les barreaux combustibles voisins.*”⁹”

C’est la libération de produits radioactifs dans le circuit de refroidissement -facilement détectables- qui produira l’arrêt d’urgence automatique du réacteur. L’introduction des barres de contrôle a stoppé la réaction nucléaire, mais l’incendie a continué. L’augmentation de la température a fait exploser un tube de force **fig g**, qui a à son tour a provoqué une rupture du réservoir du modérateur. Par cette ouverture, 1’100 kg d’eau lourde, un mélange en fusion de magnésium et d’uranium ont été projetés dans la caverne du réacteur. Une seconde après environ, une réaction chimique entre l’eau lourde et le métal en fusion a déclenché une seconde explosion. La surpression provoquera encore plusieurs “*...projections de matière radioactive dans la caverne du réacteur. Ce processus s’est poursuivi dans les minutes qui ont suivi, jusqu’à l’achèvement de la décompression du circuit primaire dans la caverne du réacteur.*”¹⁰”

9. Analyse de l’accident par l’ENSI, <https://www.ensi.ch/fr/2012/05/31/serie-de-lucens-analyse-profonde-de-l-accident/>

10. *ibid.*

CONTROVERSES

La commission d’enquête conclut que ces problèmes d’infiltration d’eau étaient imprévisibles, l’accident était le:

“*...Resultat des Zusammenwirken mehrerer, nicht zwangsläufig gekoppelter Faktoren. [...] Die tatsächlich für den Zwischenfall verantwortliche primäre Ursache war deshalb nicht voraussehbar.*”¹¹”

(*...résultat de l’interaction de plusieurs facteurs, pas nécessairement couplés. [...] La cause principale réellement responsable de l’incident était donc imprévisible.*)

Excluant par là toute responsabilité de qui que ce soit dans l’accident.

11. WILDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003, p254-255

Mais certaines sources remettent en cause cette version officielle, notamment Tobias Wildi dans son *Traum vom eigenen Reaktor*. Il relève plusieurs éléments à charge. Il montre qu’un test de résistance structurelle d’un élément combustible de Lucens avait eu lieu dans le réacteur d’essai *Diorit*, le test *Kasimir*. Lors d’un test à haute température, la barre de combustible subit une perte de structure si catastrophique que le réacteur *Diorit* sera contaminé et rendu inutilisable pendant deux ans¹². Néanmoins, le projet de Lucens est à ce moment trop avancé, et les autorités estiment que les températures atteintes lors du test ne devraient jamais être atteintes à Lucens. Un autre point épineux est

12. *ibid.*, 249

13. WILDI, Tobias,
*Der Traum vom
 eigenen Reaktor: die
 schweizerische-
 Atomtechnologie-
 entwicklung 1945-
 1969*, Chronos,
 Zurich, 2003, p254-
 255

la question de l'humidité dans le circuit de refroidissement à gaz carbonique. Pour permettre son utilisation sans risquer la corrosion du magnésium il était impératif qu'il soit totalement exempt de vapeur d'eau. Or il semblerait que plusieurs fois lors des mois précédant l'accident, de l'eau avait pénétré, et que quelques jours avant le redémarrage du réacteur, il y avait des preuves d'une présence d'humidité dans le circuit¹³.

Ces deux indices pourraient indiquer que l'accident de Lucens n'est pas un accident dû simplement au manque de chance, à des responsabilités partagées et faibles, mais à de véritables négligences.

Dans le cadre de ce travail, ces questions controversées amenées par Tobias Wildi ont pu être évoquées avec André Durussel ancien opérateur de la centrale. Et bien que André Durussel respecte le travail important réalisé par cet historien et philosophe, il trouve que les points soulevés, notamment sur les explosions sont très exagérés. Sur le test *Kasimir* il partage l'avis que la commission d'enquête: il n'est pas établi que les éventuelles faiblesses des éléments combustibles aient eu la moindre influence sur le déroulement de l'accident. Pour la question de l'humidité dans le circuit de refroidissement il a pu confirmer que c'était effectivement un problème récurrent dans cette centrale.

Il a pu être constaté qu'aucun des éléments factuels relevés dans *Traum vom eigenen Reaktor*, n'étaient démentis par M. Durussel. Comme souvent dans ce domaine, chacun sera donc libre d'interpréter les faits selon ses sensibilités.

A la question des responsabilités de l'accident, André Durussel insiste sur les aspects humains au cœur de cette technologie. En effet, ce sont souvent des problèmes de manutention liés à l'éthique de travail ou à la formation insuffisante de certains travailleurs qui posent problème. Des considérations budgétaires ont aussi eu un rôle. André Durussel explique qu'une grande partie du budget de la centrale de Lucens avait été absorbé par les travaux de génie civil, liés aux difficultés d'une construction dans une grotte humide, au point que certains éléments ont été *achetés d'occasion à la placette*¹⁴. Il n'y aura donc pas non plus de mesure de température individuelle sur chaque barre de combustible. Il y a donc un manque de budget et un certain optimisme quant aux risques d'accident. Finalement, tant le refus de prendre en compte les résultats du test *Kasimir* que les inconvénients qu'entraîne l'implantation

14. D'après les
 explications de
 DURUSSEL, André,
 ancien employé de la
 centrale de Lucens,
 15.11.2017

d'un réacteur dans une caverne ont multiplié les risques d'accidents. On peut imaginer qu'une mesure de température placée sur la barre de combustible mal refroidie aurait pu permettre d'arrêter le réacteur bien avant sa perte de structure catastrophique, et sans sauver le projet de réacteur Suisse, elle aurait pu permettre d'épargner bien des difficultés.



fig h. Le personnel de la centrale expérimentale de Lucens s'équipe pour aller voir l'état du réacteur après l'accident.

EXTINCTIONS

Le scénario idéal de la vie d'une centrale implique une exploitation pendant plusieurs dizaines d'années avant d'être éteinte et démantelée.

Les contraintes techniques énormes auxquelles sont soumises notamment les pièces du réacteur, font que leur durée de vie est limitée. L'intrication des éléments et la contamination radioactive des composants du réacteur rendent leur remplacement difficile. En conséquence, le choix est fait de garder les centrales nucléaires en activité le temps de leur durée de vie avant d'être totalement arrêtées. Cette situation est donc différente de nombreuses industries où l'on préfère remplacer progressivement les éléments affaiblis ou obsolètes. Ces rares mises à jours des éléments nucléaires des centrales font partie d'une stratégie liée aux avancées rapides qu'a connu l'énergie atomique dans les années 60 et 70. En effet, il semblait beaucoup plus intéressant de faire fonctionner jusqu'au bout les premières centrales avant de les remplacer par du matériel neuf plutôt que d'avoir des solutions hybrides difficiles à sécuriser. Au contraire, les parties non-radioactives des centrale nucléaires suisses ont été mises à jour régulièrement, notamment les systèmes de turbines, ou les alternateurs.

Jusqu'ici aucune centrale en Suisse de taille industrielle n'a encore été arrêtée. La centrale de Mühleberg est maintenant la seule avec une date d'arrêt fixée, en décembre 2019.

LES CENTRALES NUCLÉAIRES SUISSES, EN VOIE DE DISPARITION

Il n'y aura pas de nouvelles centrales nucléaires construites en Suisse. La votation du 21 mai 2017 l'a inscrit dans la loi:

*L'octroi d'autorisations générales pour la construction de centrales nucléaires est interdit*¹.

Cette interdiction ne concerne que les installations de grande échelle, utilisées pour de la production d'électricité, il sera toujours possible de construire de petits réacteurs d'essai, comme celui de l'EPFL.

L'exploitation des centrales nucléaires suisses se fait sur une durée potentiellement illimitée, puisque la confédération leur a accordé une *Autorisation d'exploiter illimitée*². Cependant, la condition à cette exploitation est de pouvoir apporter la preuve que le fonctionnement se fait sans danger et répond aux normes les plus récentes en matière de sécurité. Ce système n'a pas été modifié par la votation du 21 mai 2017.

Plusieurs années avant cette votation, l'entreprise BKW qui exploite la centrale de Mühleberg a commencé à préparer la fin de son activité. L'entreprise a estimé que maintenir cette installation aux normes serait trop onéreux, la centrale sera donc arrêtée en décembre 2019. C'est la seule centrale dont la date d'extinction est déjà définie. La centrale de Beznau, étant la plus vieille centrale en activité en Suisse, et proche d'être la plus vieille au monde, ne restera plus en activité longtemps non plus. Les centrales de Leibstadt et Gösgen ont une durée de vie prévue plus importante puisqu'elles ont été construites plus tardivement. Leur exploitation s'est faite sans incidents particuliers, et sera sans doute prolongée au moins jusque dans les années 2030³.

La votation sur la stratégie énergétique 2050 n'a donc pas eu un impact important sur les centrales en activité dans le pays. Elle porte par contre un coup d'arrêt définitif aux projets de nouvelles centrales. Plusieurs projets existaient, portant presque tous sur la construction d'une nouvelle centrale à proximité d'une ancienne centrale. De volumineuses études ont ainsi été réalisées sur la construction de nouvelles infrastructures nucléaires à Mühleberg et à Beznau. Ces projets suivaient un lent développement et leurs promoteurs attendaient

1. D'après l'article 12a de la *Loi sur l'énergie nucléaire*

2. Rapporté par swiss nuclear <http://www.swissnuclear.ch/fr/gesetzliche-regelung-der-laufzeiten-content---1--1056--188.html>

3. D'après W U T R I C H , Bernard, *Les centrales suisses sont plus âgées qu'ailleurs dans le monde*, dans *Le Temps*, 25 novembre 2016

sans doute un contexte psychologique plus favorable au nucléaire pour les réaliser. Ces projets ne se feront donc jamais.

On pourrait imaginer les opposants au nucléaire en Suisse dans une phase d'euphorie puisque leur combat semble avoir abouti avec les votations sur *stratégie énergétique 2050*. En réalité, leurs inquiétudes demeurent, d'une part à cause du fonctionnement des centrales suisses, qui continuent de poser un danger potentiel, et d'autre part à cause des risques et des difficultés liés au démantèlement. Certains opposants de longue date au nucléaire, affirment: "*Sortir du nucléaire*⁴ *n'est plus d'actualité, parce qu'on n'en sortira pas*⁵", , sous-entendant qu'avec les impacts énormes du nucléaire sur le long terme, notre société est destinée à assumer les conséquences du nucléaire, virtuellement pour l'éternité.

4. Le réseau *sortir du nucléaire* est une association française qui coordonne la lutte contre le nucléaire.

5. Entendu lors d'une discussion publique sur *Démanteler ou sanctuariser les centrales nucléaires ?*, Meyrin, 30.11.2017

DÉMANTÈLEMENTS

Dès la construction des premières centrales, les exploitants sont conscients qu'il faudra un jour les démanteler.

*“Les activités industrielles ont toutes une fin, et, de façon générale, se pose la question du devenir des installations et usines, une fois les productions arrêtées. L'expérience passée de notre civilisation industrielle ne donne pas une image très reluisante de la prise en charge des bâtiments industriels après l'arrêt des activités: l'abandon en l'état, la création de friches industrielles, les bâtiments délabrés sont fréquents, et parfois, des produits dangereux sont abandonnés, et les terrains industriels sont largement souillés. Il n'est donc pas étonnant que beaucoup s'inquiètent du sort ultime des installations industrielles nucléaires.”*¹

1. LALLEMENT, Robert, *Démantèlement des installations nucléaires : les voies de la maîtrise industrielle*, RGN, N° 5, 2004. p21

Il faut savoir qu'en Suisse sur les 4 centrales d'échelle industrielle, aucune n'a encore été démantelée. Des démantèlements ont par contre été effectués et terminés sur des centrales expérimentales.

Le but du démantèlement est de permettre aux sites nucléaires d'être réutilisés pour des nouvelles activités sans risques particuliers pour l'environnement ou les hommes². Le risque majeur lié aux sites nucléaires est leur radioactivité, la tâche principale du démantèlement est donc la gestion des éléments qui produisent cette radioactivité.

2. IAEA, *Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities*, IAEA, 2011. p4

Les opérations de gestion du risque radioactif subsistant après l'extinction de la centrale peuvent être classés dans 3 catégories d'intervention. Une possibilité est le **démantèlement immédiat**, qui propose de commencer le démantèlement dès la fin de l'utilisation de la centrale. Une autre possibilité est un **démantèlement différé**, qui organise le démantèlement après une période d'attente de plusieurs années. La troisième possibilité est la **sanctuarisation**, qui convertit une partie des installations en stockage pour les déchets nucléaires.

C'est aujourd'hui le *démantèlement immédiat* qui est recommandé par l'AIEA, il a l'avantage de s'attaquer tout de suite au problème des déchets, ne laissant en principe pas de mauvaises surprises aux générations futures. De plus, étant réalisé rapidement, il permet d'engager une grande partie des anciens travail-

leurs de la centrale, ce qui est intéressant autant pour des questions économiques et sociales que pour la conservation de la mémoire du lieu. Ce dernier aspect est d'une grande valeur dans ce genre de travaux, où le démantèlement fait apparaître toutes les erreurs du passé.

L'option du *démantèlement différé*, bien que peu utilisée, a l'avantage de laisser la radioactivité baisser avant le démantèlement, les isotopes les plus instables perdant une grande part de leur radioactivité dans les premières années de leur existence. Ce scénario permet aussi d'attendre l'arrivée de nouvelles techniques facilitant le démantèlement. Les désavantages de cette option sont liés à la perte de l'expertise des travailleurs de la centrale, et de la destruction rapide du tissu économique puisque la centrale perd brutalement l'essentiel de ses travailleurs. Finalement, le démantèlement différé demande une surveillance du site pendant de nombreuses années, et fondamentalement repousse la gestion du problème aux générations futures.

3. IAEA, *Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities*, IAEA, 2011. p10 * ...jusqu'à ce que la radioactivité diminue jusqu'à un niveau permettant la réaffectation inconditionnelle des installations, ou une réaffectation sous condition, contrôlée par les organismes de régulation.

L'option de la sanctuarisation, revient à sceller une partie du complexe nucléaire. Les installations de la centrale devraient alors permettre de confiner les déchets nucléaires “...until radioactivity decays to a level permitting the unrestricted release of the facility, or release with restrictions imposed by the regulatory body³”.

Ce qui pose problème c'est d'assurer l'étanchéité et la sécurité d'un tel endroit, potentiellement pour des milliers d'années. La stratégie de la sanctuarisation demande une participation active des habitants de la région, qui devront accepter de vivre à proximité d'un objet hautement radioactif.

C'est cette option de sanctuarisation qui a été envisagée dans les premières centrales nucléaires françaises, lors des expériences du collège des architectes pour le nucléaire.

Ainsi les étapes essentielles du démantèlement telles qu'elles sont imaginées en France dans les années 70 sont:

1. Confinement du réacteur
2. Confinement des principaux constituants nucléaires
3. Enterrement par gravitation du réacteur nucléaire
4. Reconstitution du terrain naturel⁴

4. PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p57

La sanctuarisation implique ici le stockage des déchets sur place. Avec la particularité ici que ce stockage n'empêche pas la réutilisation du site.

Aujourd'hui presque totalement abandonnée, la sanctuarisation conserve certains soutiens, notamment parmi les groupes antinucléaires. Les bâtiments clés de l'installations seraient conservés, ce qui les transforme de fait en symboles de l'exploitation du nucléaire, et peut être en avertissement pour les générations futures. C'est pourquoi aujourd'hui encore certains militent pour que cette stratégie soit appliquée aux centrales, notamment Dominique Malvaud, membre de différents groupes antinucléaires qui y voit aussi l'immense avantage d'une limitation de la dispersion des matières radioactives⁵ pour les conserver dans les lieux qui étaient faits pour les accueillir dès le début.

5. Explications de MALVAUD, Dominique, membre de Stop nucléaire Drôme Ardèche et du Collectif français Arrêt du Nucléaire dans la discussion publique *Démanteler ou sanctuariser les centrales nucléaires ?*, discussion publique

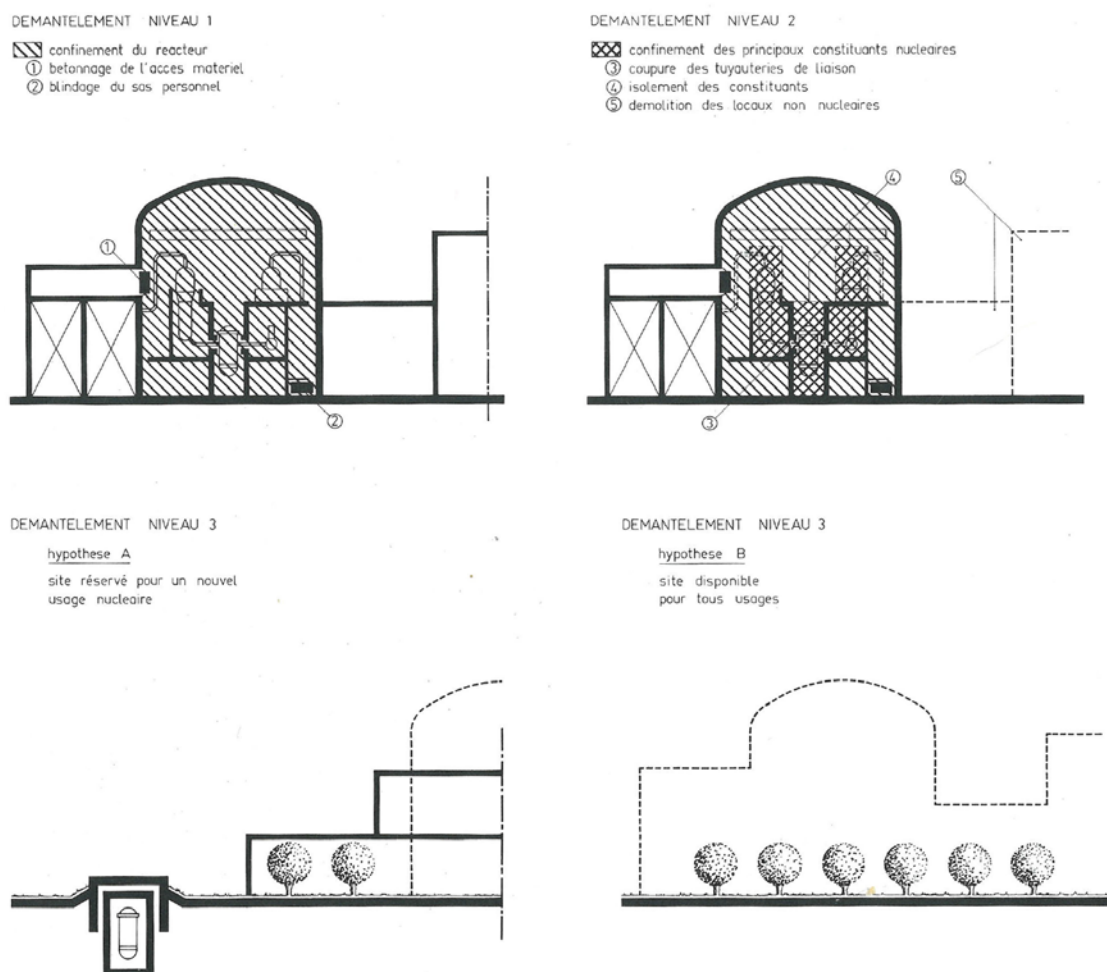


fig i. Scénarios de démantèlement étudiés par le collège des architectes du nucléaire

Ainsi, les idées du collège des architectes peuvent sembler naïves au vu de la manière dont le démantèlement est envisagé aujourd'hui. L'optimisme des premiers temps est aussi lié à l'idée que la technologie nucléaire qui avait avancé si vite jusque-là amènerait des solutions au problème du démantèlement et du traitement des déchets.

C'est le retour d'expérience des premiers démantèlements de centrales nucléaires a fait évoluer ces techniques. Le démantèlement devient aujourd'hui une industrie de pointe qui gère quelques immenses chantiers dans le monde. Aujourd'hui la Suisse s'oriente vers un démantèlement immédiat des centrales après leur extinction.



fig j. Opérations de démantèlement sur le réacteur d'essai Diorit

DES DÉCHETS ÉTERNELS

Les déchets nucléaires sont produits tout au long de l'exploitation d'une centrale nucléaire par les barres de combustibles usées. Bien que renfermant encore une importante radioactivité elles n'ont plus les caractéristiques adéquates pour pouvoir être utilisées dans le réacteur. Ces éléments sont donc évacués de la centrale après chaque révision. Le démantèlement des installations nucléaires fait apparaître un autre type de déchets qui peuvent représenter un volume conséquent, qui sont les matériaux devenus radioactifs sous l'influence des réactions de fission ayant eu lieu à proximité. La réaction de fission produit un grand nombre de neutrons qui peuvent être absorbés par les matériaux alentour. Les atomes qui capturent ces neutrons s'alourdissent et tendent à être plus instables, c'est ainsi que certains deviennent radioactifs. C'est le cas des cuves, de la tuyauterie, voire des murs en béton autour du réacteur.

En Suisse, tous ces déchets sont triés selon l'intensité des radiations qu'ils émettent et sont stockés dans le centre Zwiilag à Würenlingen en attendant que la confédération décide quel site de stockage définitif sera utilisé. Le stockage des déchets mériterait une analyse approfondie, mais on peut retenir qu'il s'agit d'enterrer profondément sous terre les déchets, de manière à ce qu'ils restent inaccessibles pendant plusieurs milliers d'années. Ainsi, leur radioactivité qui baisse naturellement avec le temps sera confinée pendant toute la durée de sa désintégration. Ainsi il est primordial d'assurer la stabilité géologique du sous-sol sur plusieurs milliers d'années. En Suisse, on prépare des espaces d'enfouissements qui sont encore à l'étude, la principale inconnue quant à leur réalisation tenant à la stabilité du sous-sol. Une fois les déchets enterrés, le plus grand danger pour leur intégrité, ainsi que pour la sécurité des humains à proximité serait justement un pillage des matériaux radioactifs par des humains, éventuellement après un effondrement de notre civilisation. C'est cette perspective qui inquiète particulièrement les concepteurs d'un centre de stockage gigantesque qui se met en place en Finlande à Onkalo¹. Il faut en effet éviter que des hommes pénètrent dans ces lieux de stockage dans plusieurs milliers d'années, lorsqu'il en auront oublié l'utilité ou l'existence. La question se pose de savoir s'il vaut mieux cacher ces sites d'enfouissement ou s'il est préférable d'indiquer leur présence le mieux possible. Si le choix est

1. D'après l'excellent documentaire de MADSEN, Michael, *Into Eternity*, 75mn, 2010.

fait d'indiquer l'existence du centre, il faut trouver une manière de transmettre l'idée du danger à des gens qui peut être ne parleront plus la même langue. Ces quelques considérations donnent une idée des questions stupéfiantes que pose la gestion des déchets nucléaires.

La possibilité de voir des objets radioactifs survivre à l'humanité nous permet de nous projeter nous-mêmes dans le rôle d'une grande civilisation disparue. L'échelle colossale des constructions radioactives que l'homme pourrait laisser, et leur persistance pour des milliers d'année rappelle sans peine les constructions de l'antiquité. C'est sans doute pour cette raison que la comparaison des architectures liées au nucléaire avec l'Egypte ancienne apparaît spontanément dans un grand nombre de sources. Ainsi on la voit chez Claude Parent sur le nucléaire, dans les explications d'une visite à Gösgen, dans les livres de vulgarisation, dans les noms de certains réacteurs, dans les descriptions de certaines installations, etc.

Une fois le lien établi entre les constructions antiques et les centrales nucléaires, il est facile de multiplier les parallèles, sans pour autant pouvoir déceler de sens plus profond. Ainsi, les centrales en Suisse sont toutes du même côté (Nord) de la même rivière (l'Aar), tout comme toutes les pyramides égyptiennes, qui sont toutes du même côté (Ouest) du même fleuve (le Nil). Néanmoins la comparaison étrange des centrales nucléaires avec les constructions de l'Egypte nous indique par des moyens détournés la responsabilité immense que peut représenter l'option de constituer des *sanctuaires nucléaires*.

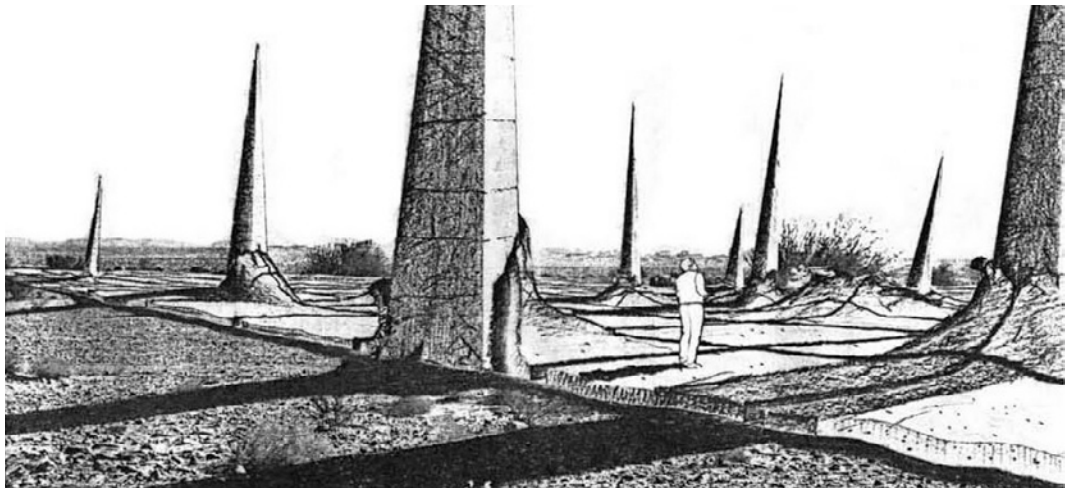


fig k. "Spikes bursting through grid", étude pour une marque capable d'indiquer un danger pour 10'000 ans

LUCENS, SCELLÉE DANS LE BÉTON

Dans l'esprit des gens de la région, la centrale de Lucens n'a pas été démantelée, elle a été simplement scellée dans le béton, de manière à enfermer les produits radioactifs.

Cette idée irrite considérablement André Durussel, qui après avoir travaillé comme opérateur de la centrale, a participé aux opérations de démantèlement. Il explique que dès que les importants dégâts structurels du réacteur furent connus, le démantèlement commença, pour finir en 1973. Un second démantèlement définitif sera réalisé au début des années 90, au cours duquel certaines parties de l'installation seront scellées dans le béton après que la plupart des matériaux radioactifs sur place aient été retirés. Suite à cette seconde opération, le site est laissé dans un état qui permet une réhabilitation des infrastructures.

Certaines mesures prises durant les heures qui suivent l'arrêt d'urgence peuvent déjà être vues comme faisant partie du démantèlement. Ainsi, équipés de combinaisons, les employés de la centrale récupèrent très vite l'eau lourde, plus encore pour des raisons financières que pour des questions de sécurité. En effet, ce stock d'eau lourde représentait une part importante de la valeur financière de l'installation qui pouvait être récupérée. André Durussel a confié que la valeur de l'eau lourde était telle qu'il a vu des chimistes *distiller de la ouate imbibée*¹ pour récupérer le précieux liquide.

Autant l'exploration de l'installation après l'accident que le démantèlement ont été des opérations difficiles, puisqu'elles n'étaient pas prévues et que les radiations étaient importantes dans les premiers jours. Les équipes travaillant au démantèlement ont dû faire preuve d'un certain sens de l'improvisation, et d'adaptation. Les éléments les plus radioactifs dispersés dans la caverne ainsi que les barres de combustible du réacteur sont rapidement récupérés.

André Durussel, pour les besoins du démantèlement inventa lui-même un outil coupe-tubes, *servant à couper les tubes à parois minces depuis l'intérieur*². Ce genre d'innovations fut monnaie courante, dans un domaine où tout restait à inventer. Il est aussi révélateur des difficultés que pose le démantèlement, qui est souvent tributaire de l'accessibilité aux différents éléments de la cen-

1. D'après le récit de DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, 15.11.2017

2. D'après la patente expirée consultée aux archives, DURUSSEL, André, *Outil coupe-tube*, Suisse, Bureau fédéral de la propriété intellectuelle, CH 593 752.

trale par les techniciens et donc de l'organisation de la centrale à une plus grande échelle.

Le démantèlement permet donc de récupérer une grande partie de l'eau lourde ainsi que certains matériaux radioactifs. Une part importante des déchets radioactifs, furent stockés dans plusieurs containers qui restèrent sur place jusqu'au second démantèlement.

Une seconde et définitive opération est organisée dès 1988. Elle s'oriente vers des objectifs particuliers, car il s'agit de rendre possible la réaffectation du site de Lucens en un stockage temporaire de déchets nucléaire. Dans ce but, on décontamine ce qui peut l'être, et les salles les plus contaminées et les plus instables structurellement sont remplies de béton. On installe également un puissant système de drainage pour éviter les infiltrations d'eau dans l'espace de stockage. La caverne du réacteur et la piscine de combustible sont scellées, leur stabilité à long terme n'était pas garantie. Elles contenaient en outre quantité d'installations coûteuses à démonter. La partie inférieure de la salle des machines est bétonnée pour des questions de drainage, mais sa partie supérieure et le tunnel d'accès sont réutilisables.

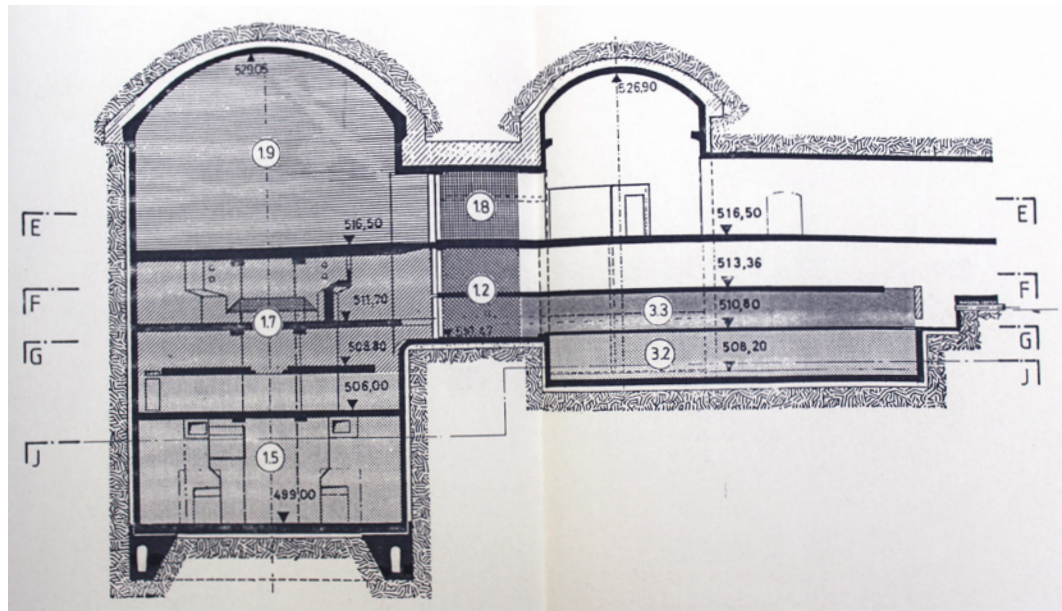


fig 1. Coupe dans les cavernes du réacteur et la piscine de combustible de la centrale de Lucens. En gris les parties scellées dans le béton. On distingue les espaces qui pourront être réutilisés.

N'en déplaise aux travailleurs du premier démantèlement, l'idée communément admise des déchets noyés dans le béton n'est pas si loin de la vérité. Le rapport d'exécution des travaux mentionne que suite au "*contrôle de contamination des objets sortants de la zone, plusieurs objets ont [...] été embétonnés (vibrateur, pompe, échelle...)*".³ "

On comprend que les différents scénarios de démantèlement, *différé, immédiat*, ou par *sanctuarisation* ne sont pas mutuellement exclusifs. La centrale de Lucens a finalement subi d'une certaine manière les trois types de démantèlements. Un démantèlement immédiat a été réalisé juste après l'accident quand les opérateurs de la centrale sont intervenus sur les matières les plus dangereuses et urgentes à évacuer. Un démantèlement différé a été réalisé presque 20 ans plus tard, et malgré son aspect définitif, il a scellé sur place certaines matières radioactives, sans impacter la réutilisation du site. On peut donc considérer que cette dernière étape a amené une sanctuarisation du site.

L'opération de démantèlement de Lucens s'est achevée sans difficultés particulières, et dès 1995, le site a pu être libéré de la surveillance de la confédération, et fut prêt à accueillir de nouvelles activités sans risques.

3. SNA, *Execution des travaux des travaux devant mener au déclassement du site: Rapport d'exécution*, 1993. p 14 - 15, consulté aux archives cantonales

MÜHLEBERG, PRÉPARATIONS AU DÉMANTÈLEMENT

Le démantèlement de la centrale de Mühleberg commencera dès la fin de son activité en décembre 2019. C'est donc le scénario d'un *démantèlement immédiat* qui a été privilégié, notamment comme l'a expliqué la directrice du groupe BKW qui gère la centrale,

*“Il y a aussi une raison éthique: cette solution [le démantèlement immédiat] évite de reporter la responsabilité du démantèlement sur les générations futures. Enfin, cela permet d'offrir à nos collaborateurs des perspectives d'emploi après la mise à l'arrêt de la centrale.”*¹

Le scénario du démantèlement immédiat est celui qui est conseillé par l'Agence Internationale de l'Energie atomique dans ses documents de réflexion². La préparation de ce démantèlement est faite depuis plusieurs années déjà. Il s'organisera en plusieurs étapes bien distinctes³ pour se terminer en 2034, et permettre la réaffectation du site.

20 décembre 2019: arrêt définitif du fonctionnement de puissance

2019-2020 Préparation du démantèlement

Dès l'arrêt du réacteur et de l'exploitation de l'électricité, se prépare le démantèlement. Il commence par le retrait du combustible du réacteur et de son stockage pendant plusieurs années dans la piscine de stockage. Des travaux de démontage débutent dans la salle des machines.

2021-2024 Evacuation des éléments combustibles et Démantèlement nucléaire
Les éléments combustibles stockés sont évacués. La salle des machines est progressivement vidée. Globalement c'est le début du démontage des installations nucléaires.

2025-2031 Démantèlement nucléaire

Les parties en contact avec la radioactivité sont également démontées. Les matériaux sont évacués selon leur radioactivité vers le centre de gestion des déchets à Würenlingen ou dans des décharges.

1. Entretien rapporté par LE TEMPS, *Démanteler les centrales nucléaires, un juteux marché*, dans le Temps, 9 avril 2015

2. Notamment, IAEA, *Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities*, IAEA, 2011.

3. ces étapes sont ici rapportées de BKW, *Désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg*, document de la conférence de presse du 4 avril 2016.

2031 Bilan, état après l'achèvement des travaux de désaffectation

Tous les éléments de la centrale devraient maintenant avoir des niveaux de radioactivité suffisamment bas pour permettre de nouvelles activités sur le site. A cette fin, une vérification totale des travaux effectués est réalisée.

2032-2034 Démantèlement conventionnel du site

Dans le cas où le site est rendu à la nature une démolition conventionnelle totale est réalisée, sinon c'est une démolition plus ciblée qui sera effectuée, pour permettre sa réaffectation.

Le calendrier du démantèlement est maintenant fixé. Un moment clé est le **Bilan** qui devrait être fait en 2031, et qui marque le passage d'une installation dangereuse par sa radioactivité à un simple site industriel désaffecté. A partir de cette date, la situation passe d'un démantèlement nucléaire à une simple démolition. Dans le cas où les bâtiments ne sont pas démolis, toutes les réaffectations et réutilisations du site sont donc envisageables. A la question du destin du site à partir de cette date, Michaël Plaschy président de la section énergie nucléaire de l'association Swisselectric explique:

“Pour notre étude 2016, nous avons dû faire des calculs pour deux scénarios distincts. L'un respecte entièrement la loi sur l'énergie nucléaire qui exige que toutes les installations potentiellement dangereuses ou radioactives soient totalement éliminées. Dans ce cas de figure, cela veut dire par exemple que l'on pourrait conserver des bâtiments administratifs non contaminés et les réaffecter à un autre usage. L'autre scénario prend en compte la destruction totale du site [! ⁴], y compris les bâtiments non radioactifs, pour retrouver une situation de «prairie verte». C'est sur ce dernier scénario, plus cher de 200 millions de francs et qui va au-delà des exigences posées, que nous nous sommes basés pour financer le fonds de démantèlement.” ⁵

La proposition de “retrouver une situation de prairie-verte” peut sembler naïve, lorsque l'on a vu l'histoire des sites nucléaires, qui sont toujours précédés de centrales hydroélectriques et donc d'infrastructures industrielles sur ces lieux prétendument immaculés.

On peut retenir que le destin des installations de Mühleberg n'est donc pas encore fixé. Le prix de la destruction additionnelle du site fait réfléchir sur la possibilité d'une éventuelle réutilisation du site et son recyclage...

4. On peut mettre cette remarque sur le compte d'une traduction peut être approximative des pensées de Michaël Plaschy, mais la formule est tout à fait révélatrice.

5. D'après un article TALOS, Christine, *Nucléaire: le démantèlement coûtera plus cher que prévu*, dans la Tribune de Genève, 15 décembre 2016.

RECYCLAGES

Les centrales nucléaires ont d'abord été pensées avec un cycle de vie fermé. Comme la plupart des industries construites dans les années 70, leur extinction devait être le prélude d'un démantèlement qui aurait permis au site de revenir à son état initial, comme si elles n'avaient jamais existé.

Dans les études du Collège des architectes de France apparaît la possibilité de réutiliser le terrain d'une centrale après son démantèlement avec une valeur ajoutée. Claude Parent considère avec enthousiasme le potentiel de ces friches industrielles:

"Peut-être ces espaces pris actuellement par les centrales nucléaires, au grand dommage de certains, constitueront-ils des réserves foncières face à la menace d'une conurbation générale, peut-être seront-ils demain les espaces de détente et de loisirs de nos villes, proche de l'étouffement.¹" Il voit dans l'important développement foncier autour des centrales un facteur qui rendrait la réutilisation de la surface des sites nucléaires attractive et nécessaire.

1. PARENT, Claude,
*Les Maisons de
l'Atome*, Editions
du Moniteur, Paris,
1983. p57

"Une question se pose donc contrairement à la trajectoire industrielle non maîtrisée du XIXe siècle et du début du XXe siècle, l'étape des centrales nucléaires, comme celle des barrages, soulèvera-t-elle plus tard un espoir pour l'aménagement du territoire ?²"

2. *ibid.*

La densification de la ville autour de la centrale serait-elle finalement une chance pour sa réaffectation? Cette réflexion marque une prise de conscience quant à la valeur potentielle des anciens sites nucléaires.

Dans les réflexions du collège des architectes, le souci de la réutilisation des bâtiments n'apparaît pas encore. L'intérêt pour la réaffectation s'est considérablement développé ces 20 dernières années, autant pour des raisons symboliques et esthétiques qu'écologiques et de développement durable.

L'AIEA a fait évoluer sa position sur la question du destin des installations nucléaires, et préconise maintenant sans réserves leur réutilisation:

"The initial concept of decommissioning management for nuclear facilities was generally that of a closed life cycle that entailed the removal of buildings, final disposal of waste and the restoration of a site to its original condition. This concept is no longer considered optimal. Decommissioning should not be an end point of a facility or site, but should enable opportunity for redevelopment and reuse of a facility or site."³

En effet, la réutilisation des sites nucléaires permet une forme de durabilité car elle évite de coûteuses destructions de bâtiments en bon état, elle économise les ressources matérielles par leur réutilisation sur place, et permet de maintenir l'intégrité sociale et économique de la région.

La valorisation d'un lieu industriel peut amener à une importante augmentation de la valeur foncière du terrain concerné ainsi que de ceux qui l'entourent, et pourrait participer au financement de la coûteuse opération du démantèlement.

La réutilisation des constructions du complexe nucléaire permet de tirer parti de multiples équipements performants, notamment des infrastructures très développées, comme les réseaux électriques, les routes, les place de déchargement, etc. De la même manière, les installations de sécurité, les ventilations, les systèmes de drainage souterrains représentent tous, dans le cas d'une réutilisation, une valeur importante.

Les volumes importants de la salle des machines, du bâtiment réacteur et de la tour de refroidissement devraient permettre à des programmes publics de s'y installer. Les constructions administratives aux espaces plus petits sont plus indiquées pour des usages proches de leur affectation d'origine, et devraient permettre l'installation de bureaux et de places de travail.

Certaines réutilisations des bâtiments de centrales nucléaires désaffectées ont déjà eu lieu dans le monde. On peut citer quelques cas emblématiques, notamment la centrale de Kalkar en Allemagne. Bien que sa reconversion fut grandement facilitée par le fait qu'elle n'ait jamais été mise en service, sa transformation en parc d'attraction représente un incroyable exorcisme des peurs qui peuvent être associées au nucléaire. Ses attractions se sont insérées naturellement dans les espaces de différentes tailles que proposait le site nucléaire.

3. IAEA, *Redevelopment and reuse of nuclear facilities and sites: case histories and lessons learned*, IAEA, 2011. p1
*Le démantèlement ne devrait pas être la fin du cycle de vie d'un bâtiment ou d'un site, mais devrait permettre des opportunités pour leur développement et leur réutilisation.

fig m. Vue sur le parc d'attractions Wunderland Kalkar, réutilisant le site nucléaire.



4. Rapporté par le site <https://www.atlasobscura.com/>

Le réacteur R1 en plein cœur de Stockholm a été totalement démantelé, l'espace souterrain qu'il occupait est maintenant "*..a popular venue for modern art and dance performances.*"⁴ Néanmoins on ne peut pas considérer ce cas comme la réaffectation des constructions de la centrale, mais plutôt d'une réutilisation de ses espaces.

Plusieurs centrales désaffectées ont permis l'insertion de musées dans leurs espaces. C'est un type de réaffectation courant également dans le cas de transformations de constructions non-nucléaires.

En France la centrale de Chinon, accueille maintenant un musée de l'atome dans son réacteur sphérique, et forme un symbole important pour la région. La centrale de Dounreay en Ecosse est également équipée d'un réacteur sphérique, qui est en ce moment en démantèlement. La question de sa reconversion en musée est actuellement à l'étude.

Néanmoins ces réaffectations restent encore rares et de nombreuses centrales nucléaires dans le monde sont en attente d'un nouvel usage ou le seront bientôt. Les recommandations de l'AIEA sont néanmoins un point de départ pour les réaffectations à venir.

LUCENS, LE RECYCLAGE

La centrale nucléaire de Lucens a été l'objet d'une réaffectation ambitieuse. C'est la première centrale suisse désaffectée dont les constructions ont pu être réutilisées, les espaces des autres réacteurs d'essai démantelés comme Saphir et Diorit font toujours partie du laboratoire de recherche nucléaire Paul Scherrer.

L'initiative d'entreprendre une seconde campagne de démantèlement à Lucens est lié à un projet de réutilisation. L'idée d'installer sur le site un centre de stockage temporaire de déchets nucléaires s'est développée à la fin des années 80. Il devait prendre la place des constructions externes de l'ancienne centrale, sans en utiliser les parties souterraines. Le démantèlement se fera comme prévu, mais, face au développement d'un site de stockage des déchets plus important à Würenlingen, le Zwiilag, le projet de stockage à Lucens à finalement été abandonné.

Le site désaffecté était ainsi dès 1993 en attente d'une nouvelle affectation. N'étant plus considéré comme un site dangereux, il pouvait théoriquement être utilisé pour toutes sortes de programmes. Les surfaces disponibles sont d'une part les anciens bâtiments administratifs extérieurs de la centrale et leurs sous-sols et d'autre part les cavernes qui n'ont pas été remplies de béton, c'est à dire le grand couloir et la salle des machines.

Finalement, une proposition est faite de reconvertir le site de la centrale de Lucens en un dépôt pour les besoins des archives cantonales. Pour ce projet, contrairement au projet de stockage de déchets nucléaires qui avait été projeté précédemment, on utilise à la fois les bâtiments externes les parties souterraines du complexe. Néanmoins, pour rendre l'espace de la salle des machines utilisable, il a fallu le protéger une fois de plus de l'humidité de la caverne. Ainsi l'histoire des installations de Lucens se répète, tous les projets qui profitent des cavernes doivent se battre contre les infiltrations d'humidité¹.

Le 9 octobre 1997, s'ouvre le Dépôt et Abri des Biens Culturels de Lucens. Sa réaffectation a cherché à tirer parti de sa qualité principale qui est d'offrir des espaces souterrains, qui sont plus stables climatiquement pour stocker des ar-

1. Comme l'a relevé WILIDI, Tobias, *Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische-Atomtechnologie-entwicklung 1945-1969*, Chronos, Zurich, 2003. p258

2. D'après les mots de Gilbert Kaenel, dans une publication de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, Lausanne, du 6 décembre 1997

3. D'après l'architecte cantonal, Jean-Pierre Dresco dans SERVICE DES BATIMENTS, *Dépôt et abris des biens culturels: Lucens*, Etat de Vaud.

chives. Les espaces bénéficiant de la lumière naturelle ont été transformés en ateliers de travail pour la préparation et la manutention des archives. Les 30 années qui s'écoulent entre l'arrêt de la centrale et la réutilisation de son site, empêchent la sauvegarde d'une activité économique. Néanmoins sa réaffectation s'est faite selon les principes recommandés par l'AIEA.

La construction du dépôt d'archives est finalement un revirement assez significatif. On est en effet passé d'un projet de réaffectation en continuité de son affectation d'origine, à un programme totalement différent, qui propose une sorte d'exorcisme d'un lieu *maudit*², qui a évolué *de la technique à la culture*³.

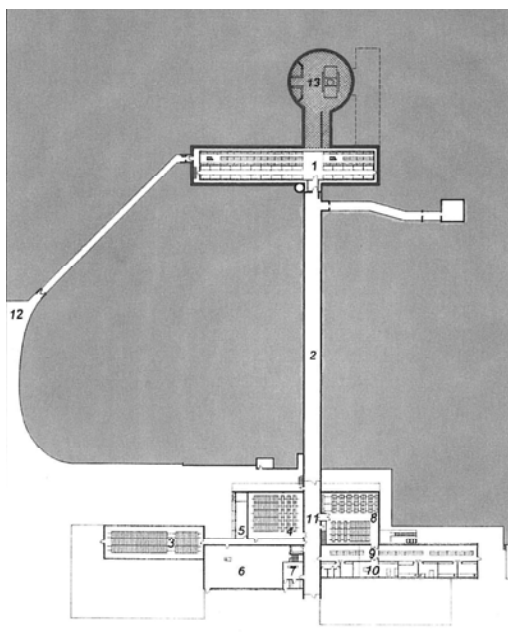
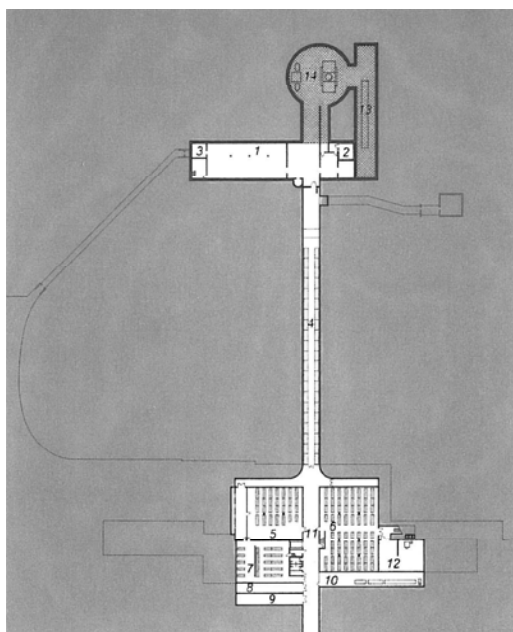


fig n & o. Plans de l'étage inférieur et supérieur du-Dépôt et Abri des Biens Culturels de Lucens. On distingue les parties scellées de l'ancien réacteur.



fig p. Espace de stockage dans le Dépôt et Abri des Biens Culturels de Lucens

PERSPECTIVES DE RÉUTILISATION EN SUISSE

Nous avons vu que les centrales nucléaires semblent être propices à la réaffectation de leurs terrains et de leurs constructions. Les centrales suisses devraient permettre des réutilisations avec des spécificités dues à leurs caractéristiques.

La situation des centrales en Suisse est particulière de par leur proximité avec les centres urbains, ce qui rend leur réutilisation plus attractive. Ainsi, ce qui faisait une des grandes faiblesses de l'industrie nucléaire du pays deviendrait le moteur des réaffectations à venir.

Les possibilités de réutilisation des centrales nucléaires dépendent beaucoup de leur contamination. En effet, les éventuels incidents qui ont eu lieu sur un site nucléaire peuvent impliquer des travaux voire des démolitions supplémentaires. Walter Wildi, ancien *président de la commission pour la sécurité des installations nucléaires en Suisse*, a pu confirmer¹ que le démantèlement et donc la réaffectation en Suisse devrait être facilité par la bonne gestion des centrales. Ainsi, le faible nombre d'incidents sérieux dans le pays, contrairement à certaines centrales à l'étranger (en France notamment), permettrait d'éviter un décapage des sols sur plusieurs mètres de profondeur, ce qui est évidemment un avantage énorme en vue d'une éventuelle réaffectation.

Après la situation socio-économique et les contaminations, ce sont les qualités spatiales et architecturales qui sont importantes pour la réaffectation. En Suisse ces qualités constructives comme nous l'avons vu sont très différentes entre les deux plans anciennes centrales Beznau et Mühleberg et les deux plus récentes Gösgen et Leibstadt. Ces deux dernières ont bénéficié de l'intégration d'intentions architecturales et paysagères, de matérialité et de volumétrie majoritairement. Le principal avantage de ces centrales est lié à leur tour de refroidissement, qui forme un volume difficile à réaffecter mais particulièrement symbolique et beau. La réutilisation de cet espace rendrait ces réaffectations emblématiques de la fin d'une certaine époque nucléaire en Suisse.

Du point de vue symbolique, s'il ne devait rester qu'un vestige de centrale nucléaire en Suisse, ce devrait être en Argovie. En effet, ce canton a eu un rôle particulier dans le développement des centrales Suisses. Il accueille dès les an-

1. Dans un entretien informel le 30.11.2017, dans le cadre d'une discussion publique sur *Démanteler ou sanctuariser les centrales nucléaires ?*,

nées 60 un institut de recherche nucléaire, puis les premières centrales expérimentales du pays. De plus, autant la première centrale suisse, Beznau, que la dernière réalisée, Leibstadt, l'ont été dans ce canton. L'implication d'Argovie a été importante également dans les autres projets de construction de centrales du pays².

2. Voir le chapitre
Kaiseraugst p.112

Les programmes qui pourraient s'installer dans les centrales suisses dans le cas de leur réaffectation dépendent principalement des sites. Certains lieux, par les qualités économiques ou démographiques de leur région, seraient capables d'accueillir des programmes plus importants que d'autres. On peine à imaginer la construction d'un important centre culturel dans un lieu plutôt rural comme Mühleberg, alors qu'elle serait tout à fait envisageable dans un site comme Gösgen. Les réponses seront trouvées au cas par cas.

C'est en accueillant de nombreux visiteurs que ces lieux exprimeront leur nouvelle ouverture sur le monde. Les installations culturelles semblent être un moyen privilégié pour transformer les centrales nucléaires profondément, et exorciser avec succès leur anciennes affectations.

Ainsi, à 5 kilomètres de Gösgen, à Kölliken, on trouvait une immense décharge de déchets spéciaux, qui a été pendant des années le site le plus pollué de Suisse³. Elle est symbolique de la gestion des déchets dans les années 70. De 2007 à 2015 eu lieu un ambitieux assainissement du site, protégé par une immense halle métallique.

3. D'après l'OFEV,
*Décharge de déchets
spéciaux de Kölliken:
La fin d'un site
emblématique,*
Environnement,
2015.

*"So wurde vorgeschlagen, die riesige Halle könnte zur Indoor-Skianlage umfunktioniert werden oder zum Konzerttempel für DJ Bobo, der ja aus Kölliken stammt."*⁴

(Il a ainsi été proposé de convertir l'immense salle en une installation de ski intérieure ou en un temple de concerts pour DJ Bobo, qui est originaire de Kölliken.)

4. MEIER, Jörg,
*Sondermülldeponie
Kölliken: Von der
Giftgrube zum
Naturparadies,* dans
l'Aargauer Zeitung,
4 août 2015

La réhabilitation d'installations industrielles polluées n'est pas fondamentalement différente de celle d'un site nucléaire. Dans le cas de Kölliken, comme peut-être pour les centrales nucléaires, on peut considérer la musique comme une manière d'exorciser la mémoire du lieu.

Étonnamment, à Gösgen, l'option d'une reconversion musicale à déjà pu être testée de manière fortuite. Il est apparu dans une discussion pendant une visite à la centrale, que lors des dernières révisions annuelles des installations, *un employé amateur de cor des alpes a joué dans la tour de refroidissement et que le son était tout à fait extraordinaire*⁵. C'est un résultat étonnant dans la mesure où la forme parfaitement circulaire du plan de la tour n'est pas indiquée en acoustique. Effectivement, *lorsque le joueur de cor des Alpes était placé au centre de la tour le son était médiocre, mais lorsqu'il se plaçait près du bord, le son était harmonieux et semblait venir de partout à la fois*⁶. Ce témoignage est important car il apporte des preuves pratiques de la faisabilité de la reconversion des tours aéroréfrigérantes. On peut postuler au vu de cette expérience que la forme concave des parois permet une bonne répartition du son. On ne peut toutefois pas totalement exclure que ce soit le son du cor des Alpes qui est particulièrement adapté à la géométrie des tours aéroréfrigérantes.

5. Témoignage recueilli lors de la Visite-guidée de la Centrale Nucléaire de Gösgen, de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

6. *ibid.*

Les centrales suisses par leurs qualités hétérogènes demandent des solutions personnalisées. Cependant on pourrait aussi imaginer des solutions-types développées sur une centrale et qui pourraient s'adapter ensuite aux autres centrales au fur et à mesure de leurs arrêts. Ces solutions seraient alors transversales, et liées systématiquement à une installation particulière, comme le bâtiment-réacteur, la tour de refroidissement, la salle des machines. L'optimisation importante des géométries de la centrale nucléaire devrait nous encourager à proposer des réaffectations précises et pourquoi pas mathématiquement déterminées.

BEZNAU I & II

La centrale nucléaire de Beznau est une des deux centrales du canton d'Argovie, elle se trouve à 6 kilomètres de la centrale de Leibstadt, et à 2 kilomètres du centre de recherche nucléaire de Würenlingen. C'est la seule centrale du pays à posséder deux réacteurs, ce qui n'en fait pas la plus puissante pour autant.

La centrale s'insère entre une forêt et un petit village historique de l'autre côté de la rivière. A une échelle régionale, elle fait pourtant partie d'une zone dense économiquement, comprenant plusieurs industries qui se sont développées le long de l'Aar. La situation boisée et les collines environnantes rendent la centrale peu visible dans le paysage. Elle est implantée sur une île artificielle sur l'Aar, antérieure à la construction de la centrale, sur laquelle se trouve aussi un barrage hydroélectrique.

Ses éléments les plus emblématiques sont ses deux bâtiments-réacteurs cylindriques, simples et élégants. Ses constructions administratives plusieurs fois remaniées forment un ensemble plutôt bigarré.

C'est une des plus vieilles centrales au monde encore en activité puisqu'elle a été mise en service dès 1969. Actuellement le réacteur n°1 est en maintenance, et il n'est pas certain qu'il reprenne un jour son activité. La centrale devrait être arrêtée d'ici peu d'années.

La position stratégique de la centrale sur l'Aar, et ses aspects symboliques dans un canton historiquement lié au nucléaire font de la sauvegarde de ses constructions puis de leur réaffectation un objectif raisonnable. On pourrait y imaginer un musée dédié aux énergies, il présenterait aussi la centrale hydroélectrique qui se trouve sur l'île artificielle, qui est une des plus anciennes au monde. Une autre possibilité serait de réutiliser la centrale pour des industries en tirant parti des infrastructures et de la position stratégique du site. Sa situation et son aspect emblématique font de cette centrale un lieu de choix pour commencer la réaffectation des centrales en Suisse.





BEZNAU I & II

Canton

Argovie

Commune

Döttingen

Système

Réacteur à eau pressurisée

Puissance brute/nette

2x380/365 MW

Mise en service

1 septembre 1969 et 23 octobre 1971

MÜHLEBERG

La centrale de Mühleberg se trouve à une douzaine de kilomètres de Berne. Elle est pourtant implantée dans une zone rurale, faite de champs, de forêts et de petits villages. Elle est construite dans un virage de l'Aar, qui forme en cet endroit un vallon encaissé. La position de la centrale en fond de vallée et l'absence de tour de refroidissement rendent la centrale globalement invisible à distance.

Ses principaux volumes sont le bâtiment-réacteur, sorte de cylindre fonctionnel et gris, et la salle des machines, grand hangar gris également. L'ensemble du complexe a été modifié plusieurs fois et se compose donc d'un ensemble assez hétéroclite de constructions.

La centrale de Mühleberg a été mise en route en novembre 1972 et sera arrêtée puis démantelée dès décembre 2019. A partir de 2031, toute radioactivité devrait avoir été retirée du site, et une démolition conventionnelle devrait alors pouvoir commencer.

Dans le cas d'une reconversion, c'est à ce moment précis qu'il faudrait intervenir. La situation particulièrement rurale et les qualités formelles de la centrale limitent ses possibilités de reconversion. On peut toutefois envisager une réaffectation des bâtiments de la centrale pour en faire un lieu de loisirs en lien avec la rivière, ou un nouveau site industriel. Malgré la beauté de son site, c'est sans doute la centrale suisse qui offre les possibilités de réaffectation les plus limitées.





MÜHLEBERG

Canton

Berne

Commune

Mühleberg

Système

Réacteur à eau bouillante

Puissance brute/nette

390/373 MW

Mise en service

6 novembre 1972

Extinction

20 décembre 2019

GÖSGEN

La centrale de Gösgen se trouve entre Olten et Aarau, à 6 kilomètres environ des deux centres-villes. Bien que n'étant pas directement prise dans le tissu urbain elle fait partie d'une zone économiquement importante qui englobe la plaine de l'Aar et qui relie grossièrement Berne à Zurich.

Juste au bord de l'Aar, la centrale émerge des cordons boisés, d'abord par les courbes puissantes de sa tour de refroidissement et du bâtiment-réacteur, tous deux en béton clair. Ils sont visibles de loin dans la plaine fortement urbanisée de la région. Les autres constructions du complexe sont unifiées par un traitement de façade en métal vert-sapin qui les fond dans le paysage. Elles disparaissent visuellement au profit du dôme hémisphérique du bâtiment-réacteur.

La centrale a été mise en route en 1979 et a fonctionné presque sans interruptions depuis. Elle fonctionnera encore pendant au moins une dizaine d'années si aucun problème ne survient d'ici là.

La densité économique et démographique des environs, ainsi que les qualités formelles de la centrale rendent sa reconversion attractive et crédible. Ses espaces administratifs pourraient permettre l'implantation d'une pépinière de start-ups ou d'espaces de coworking. Néanmoins ce sont les grands volumes en béton de la centrale qui font l'essentiel de son impact paysager, et qui permettraient les affectations les plus attractives. Ils pourraient permettre la création d'un lieu de culture et d'espaces scéniques. Les programmes privés et publics pourraient coexister et renforcer les liens entre les villages alentour.





GÖSGEN

Canton

Soleure

Commune

Däniken

Système

Réacteur à eau pressurisée

Puissance brute/nette

1060/1010 MW

Mise en service

1er novembre 1979

LEIBSTADT

La centrale de Leibstadt est une des deux centrales nucléaires du canton d'Argovie. La centrale se trouve sur le Rhin, à quelques kilomètres seulement de son point de confluence avec l'Aar. La centrale est toute proche de la frontière avec l'Allemagne, qui se trouve juste de l'autre côté du fleuve.

La centrale se trouve dans une zone plutôt rurale bien que du côté allemand plusieurs zones industrielles se développent le long du Rhin dans les environs immédiats.

La plaine prononcée de la région met en valeur les énormes constructions de la tour de refroidissement et du bâtiment-réacteur. Les cordons boisés rendent les autres bâtiments de la centrale plutôt discrets.

La centrale de Leibstadt est la plus puissante de Suisse, c'est aussi la dernière centrale à avoir été mise en service, le 15 décembre 1984. Ce sera certainement la dernière centrale suisse en activité lorsqu'elle sera éteinte, probablement dans plus de 15 ans.

Bien que n'étant pas dans une zone particulièrement dense, la centrale offre des possibilités de reconversion, notamment en installations industrielles, par sa proximité avec différents réseaux de communication. Elle est proche du train, qui passe juste à côté, d'une route et du Rhin, axe majeur du transport de marchandises de la Suisse. C'est avec Gösgen, la seule centrale suisse à posséder une tour de refroidissement ainsi qu'un bâtiment-réacteur à dôme hémisphérique.

Les qualités formelles et symboliques de ce complexe devraient encourager une réutilisation de ces installations. Plusieurs options sont possibles, d'une part, les grands espaces proposés par les volumes du réacteur et de la tour de refroidissement se destinent à des programmes publics, tels que des centres sportifs, ou culturels, autant les espaces plus petits des administrations et des parties non-nucléaires seraient tout à fait adaptés pour l'installation d'entreprises ou même de logements.





LEIBSTADT

Canton
Argovie

Commune
Leibstadt

Système
Réacteur à eau bouillante

Puissance brute/nette
1275/1165 MW

Mise en service
15 décembre 1984

SAUVER LES CATHÉDRALES DU XX^e SIÈCLE

fig a. Manège à l'intérieur de la tour de refroidissement de la centrale de Kalkar.



SAUVER LES CATHÉDRALES DU XX^e SIÈCLE

enfin un consensus ?

L'énergie nucléaire représente une part réduite de la production d'énergie dans le monde, bien inférieure par exemple aux parts du pétrole, du gaz, du charbon, de l'hydroélectricité. Mais, c'est l'énergie nucléaire avec ses imposantes centrales, sa haute technicité, son action sur la matière, qui condense le plus facilement les peurs et les espoirs de l'homme quant à la maîtrise de la nature.

“Notre temps, dans l'image que s'en fait le grand public, restera marqué par l'aventure nucléaire et ses gigantesques édifices. Pour tous, pour les bâtisseurs comme pour les foules qui les visitent, les centrales nucléaires seront les cathédrales du XXe siècle. Le syncrétisme qu'elles expriment mêle inextricablement le conscient et l'inconscient, la finalité religieuse pour les unes, industrielle pour les autres, les contraintes d'utilisation des matériaux et l'inspiration artistique, l'utopie matérialisée et la recherche de l'harmonie.¹”

1. LECLERCQ,
Jacques, *L'Ere
nucléaire*, Eddu
Chêne, Paris, 1986.
p182

Face à la perspective de leur extinction prochaine, les centrales nucléaires demandent une réponse de manière à intégrer leur colossal héritage matériel et culturel à notre patrimoine. L'extension de leur cycle de vie par une réaffectation est une tâche nécessaire.

Les centrales nucléaires ont provoqué des polémiques intenses pendant des décennies. Pourtant les opposants comme les partisans du nucléaire semblent s'accorder sur la proposition de réutiliser de manière différente les centrales nucléaires. Les personnes rencontrées au cours de ce travail, tant dans les centrales de Gösgen et de Mühleberg que dans les réunions des réseaux antinucléaires, étaient enthousiastes quant à la possibilité de transformer les centrales désaffectées.

Les raisons évoquées sont proches de celles anticipées par l'AIEA:

"...some said preserving the building would serve as a reminder of the nuclear legacy; others disagreed, arguing that the legacy should be that we learn not to do it again.²"

Autant les nostalgiques du nucléaire que ses opposants soulagés, semblent reconnaître l'importance qu'a eu le développement de l'énergie nucléaire, et souhaiteraient qu'une trace en soit gardée.

Les centrales nucléaires suisses semblent particulièrement adaptées à des réutilisations. La variété de leurs caractères, leur proximité avec les centres urbains, et leur fermeture progressive et prochaine offrent toutes d'importantes perspectives pour une réaffectation.

La centrale nucléaire est extrêmement rigide de fonctionnement. C'est une succession d'objets et de machines qui n'ont chacun qu'une seule fonction, et accomplissent des tâches qui ne peuvent être effectuées que d'une seule manière. En tant que telle, elle est l'exact contraire des objets mis en avant par les mouvements proches du développement durable où:

"Each element should, wherever possible, be capable of performing more than one function and conversely each function should be performable in more than one way.³"

La réutilisation à d'autres fins des architectures nucléaires, est donc un changement de paradigme total pour ces installations, construites dans un but unique.

2. IAEA, *Redevelopment and reuse of nuclear facilities and sites: case histories and lessons learned*, IAEA, 2011. p9
*Certains ont dit que la préservation du bâtiment servirait de rappel de l'héritage nucléaire; d'autres étaient en désaccord, arguant que l'héritage devrait être que nous apprenions à ne plus le faire.

3. Comme l'explique un précurseur de la permaculture, MOORCROFT, Colin, *Designing for Survival, Architectural Design* 7, 1972.
*Chaque élément devrait, lorsque c'est possible, être capable d'exécuter plus d'une fonction et à l'inverse, chaque fonction devrait être exécutable de plus d'une manière.

Comme les pyramides et les cathédrales, les centrales désaffectées nous apparaîtront sans doute comme des monuments légués par la grandeur et la démesure du passé.

Les réutiliser ne nous oblige pas à accepter l'ensemble de leur héritage intellectuel, il permet d'établir un dialogue avec le passé, tout en permettant une mise en perspective salutaire des accomplissements de notre époque.

4. D'après la formule
d'André Corboz

Le territoire est un palimpseste⁴ puisque sa matière est sans cesse réécrite à travers le temps. Face au tissu patiemment élaboré du territoire, les constructions décrites dans ce travail mettent en œuvre des moyens si colossaux qu'ils en mettent en péril la continuité historique et spatiale. Le bétonnage ainsi que la radioactivité parfois durable présents sur le site en bloquent la réutilisation pendant des milliers d'années. Si le démantèlement permet par des moyens colossaux, une *tabula rasa* du lieu, c'est au prix de l'oubli.

Pour ces raisons, le projet de réutilisation doit permettre de réinscrire les sites nucléaires dans la temporalité et la spatialité de leur environnement. Il s'agit de *recoudre le palimpseste qui menace de se déchirer*.

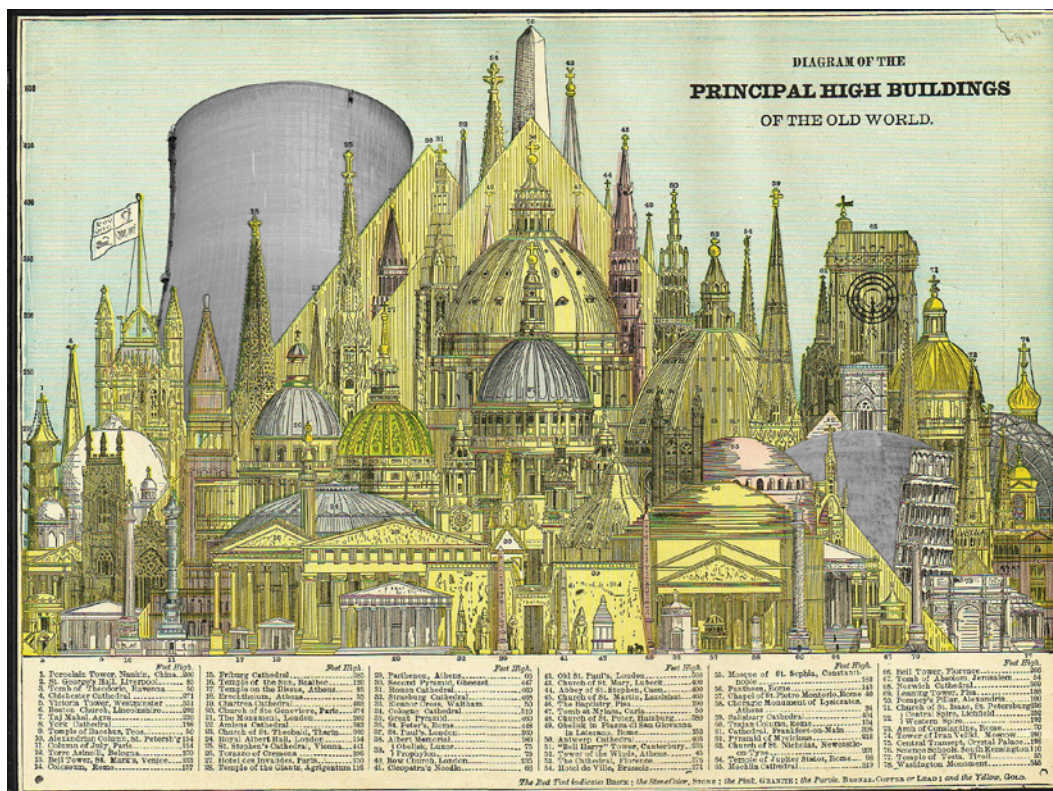


fig z. Montage intégrant les centrales nucléaires aux grandes constructions de l'histoire, on remarque à droite le dôme du bâtiment-réacteur, tout à fait semblable aux coupoles d'église.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

BASDEVANT, Jean-Louis, Maîtriser le nucléaire: sortir du nucléaire après Fukushima, Eyrolles, 2012.

CURDY, Guy, Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire, Editions d'en bas, Lausanne, 1988.

DALI, Salvador, Manifeste Mystique, dans The Collected Writings of Salvador Dalí, Cambridge University Press, Cambridge , 1998.

FAVEZ & MYSYROWICZ, Jean-Claude et Ladislas, Le nucléaire en Suisse: jalons pour une histoire difficile, l'Âge d'Homme, Lausanne, 1987.

FOASSO, Cyrille, Atomes sous surveillance: une histoire de la sûreté nucléaire en France, Peter Lang, Bruxelles, 2012.

HOCQUENGHEM & SCHERER, Guy et René, L'âme atomique: pour une esthétique d'ère nucléaire, Albin Michel, Paris, 1986.

LECLERCQ, Jacques, L'Ere nucléaire, Eddu Chêne, Paris, 1986.

LUCRECE, (Traductions Nisard Charles), De la nature des choses, Paris, 1868.

LITTRE, Émile, Dictionnaire de la langue française, Editions Universitaires, Paris, 1963.

LITTRE, Émile, Dictionnaire de la langue française, L. Hachette, Paris, 1873-1874. Version électronique créée par François Gannaz. <http://www.littre.org>

MUMFORD, Lewis, Technics and civilization, University of Chicago Press, Chicago, 2010.

NIETZSCHE, Friedrich, Ainsi parlait Zarathoustra, Aubier-Flammarion, Paris, 1969.

PARENT, Claude, Les Maisons de l'Atome, Editions du Moniteur, Paris, 1983.

PARENT, Claude, L'Architecture et le nucléaire, Editions du Moniteur, Paris, 1978.

WEART, Spencer R., The rise of nuclear fear, Harvard University Press, Cambridge Mass, 2012.

WILDI, Tobias, Der Traum vom eigenen Reaktor: die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969, Chronos, Zurich, 2003.

ARTICLES

CHARBONNAT, Pascal, *La naissance du concept de génération spontanée en France au 18e siècle*, Colloque international Les Lumières et l'idée de Nature, Oct 2008, France.

GREENBERG, M. R. et al., *Local planning versus national policy : urban growth near nuclear power stations in the United States*, GéoProdig, portail d'information géographique, consulté le 23 novembre 2017, <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/177790>.

FARMER, FLETCHER et FRY, *Safety Considerations for Gas Cooled Thermal Reactors of the Calder Hall Type*, Conférence à Genève, 1959.

PECLET, Jean-Claude, *Lucens, rêve nucléaire fondu*, dans Le Temps, 21 janvier 2009

MEIER, Jörg, *Sondermülldeponie Kölliken: Von der Giftgrube zum Naturparadies*, dans l'Aargauer Zeitung, 4 août 2015

MOORCROFT, Colin, *Designing for Survival*, Architectural Design 7, 1972

OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, *Décharge de déchets spéciaux de Kölliken: La fin d'un site emblématique*, Environnement, OFEV, 2015. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sites-contamines/dossiers/magazine-environnement-sites-contamines/decharge-de-dechets-speciaux-de-koelliken--la-fin-dun-site-emble.html>

PIGUET, Frédéric-Paul, *Etude sur la vulnérabilité de la Suisse en cas d'accident nucléaire majeur sur le territoire national*, Institut Biosphère, Genève, 2015.

TALOS, Christine, *Nucléaire: le démantèlement coûtera plus cher que prévu*, dans la Tribune de Genève, 15 décembre 2016.

LE TEMPS, *Démanteler les centrales nucléaires, un juteux marché*, dans le Temps, 9 avril 2015

WERK/OEUVRE, *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, , numéro 63, 1976. consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

WUTRICH, Bernard, *Les centrales suisses sont plus âgées qu'ailleurs dans le monde*, dans Le Temps, 25 novembre 2016

DOCUMENTS

AIEA, *STATUT*, 1989. https://www.iaea.org/sites/default/files/statute_fr.pdf

AIEA, *Échelle Internationale des Événements Nucléaires et Radiologiques: Manuel de l'Utilisateur*, AIEA, 2011.

ASSOCIATION POUR LE PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL DU CANTON DE VAUD, *patrimoine vaudois existe, nous l'avons rencontré*, Etats généraux du 6 décembre 1997 <http://www.reseaupatrimoines.ch/images/stories/pdf/RPS/etats-gen.pdf>

BKW, *Désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg*, document de la conférence de presse du 4 avril 2016.

DURUSSEL, André, *Outil coupe-tube*, Suisse, Bureau fédéral de la propriété intellectuelle, CH 593 752.

VAN ITERSON, Frederik, *Improved Construction of Cooling Towers of Reinforced Concrete*, Grande-Bretagne, 108'863, 11 avril 1918. <https://patents.google.com/patent/GB108863A>

LALLEMENT, Robert, *Démantèlement des installations nucléaires : les voies de la maîtrise industrielle*, RGN, N° 5, 2004.

IAEA, *Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities*, IAEA, 2011.

IAEA, *Redevelopment and reuse of nuclear facilities and sites: case histories and lessons learned*, IAEA, 2011.

REGUN SA, *Rapport d'impact sur l'environnement: Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg*, 2008. www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr HYPERLINK

SNA, *Execution des travaux des travaux devant mener au déclassement du site: Rapport d'execution*, 1993.

SERVICE DES BATIMENTS, *Dépôt et abris des biens culturels: Lucens*, Etat de Vaud. <https://www.yumpu.com/fr/document/view/16578288/depot-et-abris-des-biens-culturels-lucens-vaud>

SITOGRAPHIE

Le litté en ligne <https://www.littre.org/definition/atome>

Sur le récit d'Oppenheimer <http://www.atomicarchive.com/Movies/Movie8.shtml>

Pour les discours présidentiels des Etats-Unis, <http://www.presidency.ucsb.edu/index.php>

Pour les citations bibliques <https://www.biblegateway.com/>

Sur l'architecture googie <https://www.smithsonianmag.com/history/googie-architecture-of-the-space-age-122837470/>

HUG, Peter, Energie nucléaire, in Dictionnaire historique de la Suisse (DHS), version du 17.2.2006 (traduit de l'allemand), url: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F45891.php>

Le site de la centrale de Gösgen <https://www.kkg.ch/fr>

Office fédéral de la statistique <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home.html>

Forum nucléaire suisse <http://www.nuklearforum.ch/fr>

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Informations sur les votations du 21 mai 2017 <https://www.uvek.admin.ch/uvek/fr/home/energie/strategie-energetique-2050.html>

Energie nucléaire en Suisse <https://www.kernenergie.ch/fr/technique-centrale-nucleaire.html>

Sécurité nucléaire en Suisse, <https://www.ensi.ch/fr/>

Pour les articles de loi, <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil.html>

Pour les possibilités de visite de certains sites nucléaires <https://www.atlasobscura.com/>

DIVERS

cours sur les romains de ADAM, Jean-Pierre, Histoire de l'architecture I, suivi à l'EPFL en 2011

réponse du conseil d'état, à l'interpellation de Pierre-André Gaille, Accident nucléaire de Lucens en 1969, grave accident ou simple avarie ?, novembre 2011. <https://www.vd.ch/>

VISITES/ENTRETIENS/RENCONTRES

DÄNIKEN, Centrale Nucléaire de Gösgen, Visite-guidée privée de la centrale nucléaire, le 22.10.2017

DURUSSEL, André, ancien employé de la centrale de Lucens, archiviste, écrivain, poète, Entretien, à Chêne-Pâquier, 15.11.2017

FORUM NUCLEAIRE SUISSE, 4e Rencontre 2017, conférences et visite du TOKAMAK de l'EPFL, 6.09.2017.

MALVAUD, Dominique, membre de Stop nucléaire Drôme Ardèche et du Collectif français Arrêt du Nucléaire, rencontré le 30.11.2017

LAMIRAND, Vincent, Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes, Réacteur expérimental CROCUS, EPFL, Visite-guidée et Entretien, le 13.11.2017

MÜHLEBERG, Centrale Nucléaire de Mühleberg, Visite-guidée, le 16 décembre 2017

PIGUET, Frédéric-Paul, Docteur en Géosciences et environnement, Responsable enseignement et projets à l'Institut Biosphère, rencontré le 30.11.2017

WILDI, Walter, ancien président commission pour la sécurité des installations nucléaires (KSA) 2002–2007 et professeur honoraire de géologie à l'université de Genève, rencontré le 30.11.2017.

NOE 21, Démanteler ou sanctuariser les centrales nucléaires ?, discussion publique, Meyrin, 30.11.2017

FILMOGRAPHIE/DISCOGRAPHIE

LANG, Fritz, Metropolis, 145mn (version restaurée de 2010), 1927.

MADSEN, Michael, Into Eternity, 75mn, 2010.

KRAFTWERK, Radioactivity, The Mix, Kling Klang, 1991.

ICONOGRAPHIE

COUVERTURE

fig a. photomontage réalisé à partir de photos de l'auteur à Gösgen le 22.10.2017 et d'une image historique *Diagram of the Principal High Buildings of the Old World* venant de Cram's Unrivalled Family Atlas of the World, Chicago IL. Lithograph color print. par George F. Cram datée de 1884

GENÈSE

fig a. HARRIS & EWING STUDIO *William H.P. Blandy and his wife cut an Operation Crossroads mushroom cloud cake, while Admiral Frank J. Lowry looks on.* , 7 November 1946 photographie tirée de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Admiral_Blandy_Mushroom_Cloud_Cake.jpg

fig b. affiche publicitaire trouvée sur <https://www.dissident-media.org/infonucleaire/radieux.html>

fig c. affiche publicitaire trouvée sur <https://io9.gizmodo.com/seriously-scary-radioactive-consumer-products-from-the-498044380>

fig d. Photographie du Health Physics Historical Instrumentation Museum Collection <https://www.orau.org/ptp/collection/brandnames/radium-condoms.htm>

fig e. photographie trouvée sur <http://www.laboiteverte.fr/110-000-000s-apres-une-explosion-nucleaire/>

fig f. photographie tirée de <https://www.citeco.fr/10000-ans-histoire-economie/monde-contemporain/premieres-centrales-nucleaires-destinees-a-l-energie-civile>

fig g. NITSCHÉ, Eric, posters pour une campagne de publicité de General Dynamics, *Atoms for Peace*. <https://www.flickr.com/photos/mrbill/5628378719/sizes/o/in/set-72157623568149124/>

fig h. DALI, Salvador, *Croix nucléaire*, 1952. tirée de NERET, Gilles, *Dali*, Taschen, Köln, 2013. p70

fig i. FORD MOTOR COMPANY, *Ford Nucleon concept car* par la https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ford_Nucleon.jpg

fig i. Artist's concept of a sea-level canal route. Excavation of harbors and canals is an area of investigation being conducted by the Atomic Energy Commission in its Plowshare program for the peaceful uses of nuclear explosives, 1966. https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Operation_Plowshare

fig j. Cut-away view showing an artist's concept of the location of a number of nuclear explosives properly buried so that simultaneous detonation will excavate a ditch-like crater, 1966. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ford_Nucleon.jpg

fig k. Artist's concept of a nuclear row charge explosion at a sea-level canal site. The use of row charge explosions to create ditch-like craters in the construction of sea-level canals is being studied in the Atomic Energy Commission's Ploughshare program for the peaceful uses of nuclear explosives, 1966. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ford_Nucleon.jpg

CONSTRUIRE LES TEMPLES DE L'ÉLECTRICITÉ

fig a. FRIEDLI, Werner, *Beznau, Atomkraftwerk*, photographie noir blanc, 13 x 18 cm, juin 1967 archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

fig b. photo par l'ANL, tirée de LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986. p28

fig c. graphique et données du World Nuclear Industry Status Report, <https://www.worldnuclearreport.org/World-Nuclear-Industry-Status-as-of-1-January-2018.html#viz>

fig d. Würenlingen, Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung (EIR), Blick in den Swimmingpool-Reaktor "Saphir", archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

fig e. Photographie venant du Blog de l'office fédéral de <https://energieiplus.com/2016/03/24/vergangen-wird-wieder-aktuell-diorit-plutonium/>

fig f. Schéma de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire sur la centrale expérimentale de Lucens <https://www.ensi.ch/fr/themes/centrale-nucleaire-lucens/>

fig g. Photographie venant de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire sur la centrale expérimentale de Lucens <https://www.ensi.ch/fr/themes/centrale-nucleaire-lucens/>

fig h. carte illustrant l'article *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976. p250 consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

fig i. graphique de l'auteur, avec les chiffres notamment du forum nucléaire suisse

fig j. KREBS, Hans, *Leibstadt, Kernkraftwerkbau*, Photography 13 x 18 cm, 1978. archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

fig k. schéma de l'auteur

fig l. schéma de l'auteur

fig m. schéma de l'auteur

fig n. schéma de l'auteur

fig o. croquis de Claude Parent, dans PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p27

fig p. maquettes réalisées par le collège des architectes, dans PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p56

fig q. maquettes réalisées par le collège des architectes, dans PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p56

fig r. schémas réalisées par le collège des architectes, dans PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p40

fig s. dessins reproduits dans l'article *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976. p250 consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

fig t. figure extraite de COMMUNAUTE DE TRAVAIL LUCENS, *Rapport Préliminaire de Sécurité*, SNA, mai 1961. Consulté aux archives cantonales vaudoises.

fig u. schémas de l'auteur, réalisés à partir des données fournies par Swisstopo et les dessins de *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976. consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

fig v. schémas de l'auteur, réalisés à partir des données fournies par Swisstopo et les dessins de *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976. consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

ANATOMIE

fig a. NUCLEAR ENGINEERING, *The World's Reactors*, No. 76, Gosgen, Daniken, Switzerland. Wall chart insert, Publisher Centennial Science and Engineering Library, University Libraries, University of New Mexico, February 1980. <http://econtent.unm.edu/cdm/singleitem/collection/nuceng/id/80/rec/50>

fig b. Tableau extrait de BASDEVANT, Jean-Louis, *Maîtriser le nucléaire: sortir du nucléaire après Fukushima*, Eyrolles, 2012. p86

- fig c.** Photographie de l'auteur, prise lors de la visite du réacteur Crocus, le 13.11.2017.
- fig d.** Photographie aérienne disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>
- fig e.** Photographie aérienne disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>
- fig f.** Photographie aérienne disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>
- fig g.** Photographie aérienne disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>
- fig h.** photographie de l'ENSI <https://www.ensi.ch/fr/themes/cuves-des-reacteurs-de-beznau/>
- fig i.** photographie de l'ENSI https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2011/08/kkm_2011.jpg
- fig j.** photographie de KREBS, Hans, *KKG, Kernkraftwerk Gösgen*, 1978. archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/
- fig k.** photographie de KREBS, Hans, *Leibstadt, Sicherheitsbehälter AKW, Atomkraftwerk*, 1982. archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/
- fig l.** photographie extraite de LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986. p 219
- fig m.** dessin préparatoire du film Metropolis par KETTELHUT, Erich, *Maschinenhalle*, 1925. <https://cinearchitecture.tumblr.com/post/156491755982/production-drawing-for-metropolis-fritz-lang>
- fig n.** photographie de COMPOINT Stéphane, *Centrale nucléaire du Bugey*, 2011. http://www.stephanecompoint.com/41,,,22210,fr_FR.html
- fig o.** photographies, COLLEIN et LOEW, Edmund et Heinz, *Etudes Plastiques*, 1928. tiré de FIEDLER et FEIERABEND, Jeannine et Peter, *BAUHAUS*, Könnemann, Köln, 2000.
- fig p.** dessins de PARENT, Claude, 1975. tirés des archives publiques du <http://www.frac-centre.fr/>
- fig q.** dessins de PARENT, Claude, 1975. tirés des archives publiques du <http://www.frac-centre.fr/>
- fig r.** dessins de PARENT, Claude, 1975. tirés des archives publiques du <http://www.frac-centre.fr/>
- fig s.** photographie, tirée de photographie tirée de LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986. p 229

fig t. photomontage trouvé dans <http://www.20min.ch/schweiz/dossier/atomenergie/story/11536116graphie>

fig u. photographie de l'auteur, faite lors de la visite de Gösgen le 22.10.2017

fig v. Comet Photo AG, *Kernkraftwerk Leibstadt, KKL*, 1984. archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

RITUELS

fig a. photographie de l'auteur, visite à Gösgen, le 22.10.2017

fig b. carte des résultats de la votation sur la loi sur l'énergie du 21 mai 2017, publiée par l'office fédéral de la statistique. Ajouts des centrales nucléaires suisses.

fig c. comparaison des résultats des votations à différentes échelles, les chiffres sont fournis par l'office fédéral de la statistique, et par les offices statistiques des cantons concernés

fig d. photographie tirée de LECLERCQ, Jacques, *L'Ere nucléaire*, Eddu Chêne, Paris, 1986. p 179

fig e. photographie WALTER, Studer, *Die SAPHIR-Equippe bei der Einweihung*, 1957. archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

fig g. extrait du film LANG, Fritz, *Metropolis*, 145mn (version restaurée de 2010), 1927.

fig h. extrait du film LANG, Fritz, *Metropolis*, 145mn (version restaurée de 2010), 1927.

fig i. STEINER, Ruedi, *Kernkraftwerk Leibstadt, Energiezentrum, Maschinenraum*, 1984. Archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

fig j. SCHMID, Josef, *Lucens, Versuchsatomkraftwerk*, 1968. Archives en ligne de l'ETH https://www.e-pics.ethz.ch/en/home_en/

DESTINS

fig a. croquis de Claude Parent, dans PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p116

fig b. photographie de la maquette du projet de Kaiseraugst, illustrant l'article *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976.

p260 consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

fig c. photographie extraite de CURDY, Guy, *Kaiseraugst: le défi : vie et mort d'un projet de centrale nucléaire*, Editions d'en bas, Lausanne, 1988. p53

fig d. photomontage du projet de centrale à Rüthi, illustrant l'article *Die Architektur von Atomkraftwerken= L'architecture des centrales atomiques*, dans *Werk/Oeuvre*, numéro 63, 1976. p260 consulté sur <https://www.e-periodica.ch/>

fig e. tableau extrait de INES, *Échelle Internationale des Événements Nucléaires et Radiologiques*, Brochure d'information.

fig f. carte tirée de <https://www.watson.ch/!260738248>

fig g. photographie tirée de la Série de Lucens : analyse approfondie de l'accident par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire <https://www.ensi.ch/fr/2012/05/31/serie-de-lucens-analyse-profonde-de-laccident/>

fig h. photographie tirée de la Série de Lucens : analyse approfondie de l'accident par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire <https://www.ensi.ch/fr/2012/05/31/serie-de-lucens-analyse-profonde-de-laccident/>

fig j. dessins extraits de PARENT, Claude, *Les Maisons de l'Atome*, Editions du Moniteur, Paris, 1983. p56

fig j. photographie extraite d'un article de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire sur le démantèlement des installations nucléaires <https://www.ensi.ch/de/2011/06/28/die-ausserbetriebnahme-von-kernkraftwerken/>

fig k. montage par BRILL, Michael., *Site Design to Mark the Dangers of Nuclear Waste for 10,000 Years*, BOSTI, 1991. <https://fopnews.wordpress.com/2011/03/31/galison/>

fig l. BONNARD & GARDEL, *Coupe 1/200, Remplissage des cavernes*, Avant-Projet, 1988. consulté aux archives cantonales.

fig m. EVERS, Gottfried, photographie aérienne tirée de <http://www.rp-online.de/thema/wunderland-kalkar/>

fig n. plan extrait de WIDMER ARCHITECTES, *Dépôt et abris des biens culturels: Lucens*, SERVICE DES BATIMENTS, Etat de Vaud. <https://www.yumpu.com/fr/document/view/16578288/depot-et-abris-des-biens-culturels-lucens-vaud>

fig o. plan extrait de WIDMER ARCHITECTES, *Dépôt et abris des biens culturels: Lucens*,

SERVICE DES BATIMENTS, Etat de Vaud. <https://www.yumpu.com/fr/document/view/16578288/depot-et-abris-des-biens-culturels-lucens-vaud>

fig p. photographie tirée des dossiers sur la centrale de Lucens de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire <https://www.ensi.ch/fr/>

BEZNAU

fig a. photographie de la RTS <https://www.rts.ch/info/regions/autres-cantons/7149735-un-millier-de-trous-dans-la-cuve-du-reacteur-nucleaire-de-beznau.html>

fig b. photographie aérienne de disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>

MÜHLEBERG

fig a. photographie tirée de BKW, *Désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg*, document de la conférence de presse du 4 avril 2016.

fig b. photographie aérienne de disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>

GÖSGEN

fig a. photographie de l'auteur, faite lors de la visite de Gösgen le 22.10.2017

fig b. photographie aérienne de disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>

LEIBSTADT

fig a. photographie tirée de <http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/17407>

fig b. photographie aérienne de disponible sur <https://geodata4edu.ethz.ch/index.html>

SAUVER LES CATHÉDRALES DU XXÈME SIÈCLE

fig a. photographie d'après https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g488295-d5400374-Reviews-Wunderland_Kalkar-Kalkar_North_Rhine_Westphalia.html

fig z. photomontage réalisé à partir de photos de l'auteur à Gösgen le 22.10.2017 et d'une image historique *Diagram of the Principal High Buildings of the Old World* venant de Cram's Unrivalled Family Atlas of the World, Chicago IL. Lithograph color print. par George F. Cram datée de 1884

ENTRETIEN AVEC ANDRÉ DURUSSEL

André Durussel est un ancien employé de la centrale de Lucens, également archiviste, écrivain et poète. Un entretien a pu être réalisé à son domicile de Chêne-Pâquier, le 15 novembre 2017.

André Durussel est toujours actif dans le travail de mémoire de la centrale de Lucens, il participe parfois à des interviews avec la RTS et d'autres médias, ainsi qu'aux réunions d'une amicale des anciens de Lucens. Il publie de temps en temps des articles à propos de la centrale.

Ici sont retranscrits quelques extraits de l'entretien avec André Durussel.

[Par rapport à l'infiltration d'eau dans les soufflantes, qui auraient provoqué l'accident]

... pour ne pas que l'eau pénètre dans le gaz, il y avait ce qu'on appelait des joints de barrage. Avec des sortes de galettes, à peu près grandes comme cette table, avec des frotteurs dessus. Et ça, dès le départ ça demande des détails assez complexes pour assurer l'étanchéité. [...]. On surveillait habilement les ppm [parties par millier] dans le gaz, et puis on avait quelques fois des ppms, autrement dit un peu d'humidité, qui passait. Et avec Sulzer [l'une des entreprises assurant la partie technique] on avait déjà démonté deux ou trois fois ces soufflantes pour des problèmes de ce genre. Après, on a fait la marche d'endurance, c'était magnifique, et puis au mois de janvier 69, quand on a voulu redémarrer, personne ne savait qu'on avait quelques éléments où il y avait de l'eau, dans le fond du tube de force.

[Par rapport à l'aspect souterrain du projet, et à ses conséquences]

....Et malheureusement aussi, ce qu'il faut savoir, c'est pourquoi on a fait une centrale nucléaire expérimentale dans une caverne. C'était un peu l'époque où on avait peur des chutes d'avions sur les centrales nucléaires. D'autre part [...] il y avait cette caverne là, enfin, c'était pas une caverne, disons plutôt, cette "situation" dans le creux de la molasse, qui était favorable.

[...] Revenons aux cavernes. On ne s'est pas rendu compte que les coûts de génie-civil seraient énormes, parce que c'est de la molasse, et qu'il a fallu refaire tout une deuxième caverne dedans pour l'étanchéité, pour des questions d'eau. Et on a un peu grillé le capital qui nous était accordé par la SNA et les grands consortiums dont Thermatome et compagnie, uniquement avec le génie civil. Et après il fallait quand même faire tout l'équipement nucléaire, les réacteurs. Ils ont dû faire une immense paroi en acier entre la caverne du réacteur et la caverne à combustible, où on mettait les éléments irradiés, la piscine). La paroi entre la caverne du réacteur et la caverne des machines, en molasse, on s'est vite rendu compte qu'elle ne tiendrait jamais le coup! Alors on avait dû faire une immense paroi qu'il fallait aussi faire entrer dans la caverne, ce qui a fait des coûts très grands.

[à la question du manque de moyens du projet]

Je ne crois pas qu'on ait manqué de moyens, mais pour le premier prototype, on a été déstabilisés par le génie civil. On avait dû acheter pour l'aération, d'occasion, un compresseur qui venait de la placette de Lausanne, parce qu'on n'avait pas les moyens d'acheter un compresseur neuf chez Brown & Boveri.

[Par rapport à l'expérience de travailler sur ce réacteur expérimental]

Sur l'instrumentation du réacteur lui même, on n'avait pas tellement les moyens d'instrumenter chaque élément, chaque tube n'avait pas un marqueur de température. Et c'est pour ça qu'au démarrage, le fameux matin en janvier 69, on ne s'est pas rendu compte que certains éléments montaient en température d'une manière bizarre. On a toujours dit que si on avait eu une instrumentation complète du coeur, ça ne se serait peut être pas passé comme ça. Et le troisième élément très important qu'on a toujours dit aussi, c'est que c'était un réacteur Suisse, conception Sulzer, très rempli. De l'horlogerie. [sous-entendu complexe et difficile à manipuler] Par exemple, pour régler le débit du gaz de refroidissement pour chaque élément de nos 73 éléments, il fallait aller sur le réacteur avec une sorte de moteur qui embrochait la vanne à boisseau. En salle de commande, quelqu'un contrôlait le débit du CO₂, mais il fallait aller régler chaque élément pièce après pièce à la main....

[par rapport à l'accident]

De manière générale, à chaque fois qu'il y'a des pépins dans des grandes centrales grandes nucléaires, c'est pas des problèmes d'atomes ou de nucléaire, mais c'est des questions techniques, toutes, bêtes.

[...]

Lors des premières investigations le surlendemain de l'accident, il fallait aller voir comment ça se passait sous le réacteur, si on avait des fuites. C'était fermé en bas, avec un blindage inférieur. Sous le réacteur, il y avait une machine à défourner les éléments, on défournait donc par le bas, élément par élément, chaque pied de tube de force avait 2 plaquettes à 90°, et on repérait sous quel élément on voulait aller pour le défourner, on centrait la machine dessous, ensuite on tirait, puis on traversait dans la caverne de combustible, puis on la sortait et on mettait notre élément en piscine. Pour aller voir sous le réacteur ce qu'il c'était passé, on avait créé une petite caméra qu'on avait imaginée, puisque ça n'existait pas du tout dans le commerce à l'époque. Au début ils voulaient faire un réacteur modéré à l'eau lourde, il fallait donc acheter cette eau lourde à l'étranger, et elle coûtait 1000 francs le litre. Et tout à coup, par bonheur, elle a baissé à 300 francs le litre. On pouvait faire un réacteur un peu plus gros dans lequel mettre un peu plus d'eau lourde. A Lucens, quand il y a eu l'explosion d'un élément dans la cuve, comme l'eau lourde est incompressible, elle a fait éclater les clapets de sécurité en haut de la cuve, et toute l'eau lourde est descendue dans le local en bas, sous le réacteur. Cette eau lourde était largement contaminée, mais restait de l'eau lourde (devient rapidement de l'eau légère si elle n'est pas protégée par de l'hélium). Là, on a perdu toute cette eau dans la fosse sous le réacteur. Le directeur est venu de nuit à toute vitesse, et a dit de manière très calme "Il faut sauver l'eau lourde. A 300 francs le litre, ça vaut la peine." C'est aussi une combine assez extraordinaire. En cas de grand problème, on pouvait noyer la caverne dans l'eau légère. On a donc vidangé le réservoir de cette eau légère, et on a pu, par des astuces de pompage, re-pomper cette eau lourde dans ce réservoir, et même mettre un petit coussin d'hélium. Ensuite on a pu la revendre à 300 francs le litre, et on n'en a perdu qu'un tout petit peu. Je vois toujours notre chef chimiste qui distillait des tampons de ouate pour récupérer l'eau lourde.

[...]

Le lendemain de l'accident, les membres de la commission fédérale, les Dr. Courvoisier et Rurlieman étaient venus pour la première criticalité du réacteur. Ce brave Dr. Courvoisier qui était romand, il avait une monstre Jaguar, il est venu

dans un hôtel à Lucens, et il est venu le matin pour faire un constat. Là, on avait ouvert le grand portail, et il y avait une béquille au milieu du portail qui a percé le gros réservoir de sa jaguar, et il a perdu de l'essence en rentrant jusqu'à Lucens. Il y avait des traces d'essence jusqu'à Lucens depuis la centrale. Le directeur avait donné l'ordre de mettre de la sciure, pour pas que les gens pensent qu'il y avait une propagation de je ne sais pas quoi.

[raisons du développement du nucléaire]

...au lendemain de la crise pétrolière vers 1958. Ces gens se sont dit qu'il fallait absolument sortir du pétrole. [...] et on a décidé de construire des centrales en masse, comme Beznau. C'est un fait politique et stratégique très important. Même en suisse ce choc pétrolier a lancé très intensément la construction nucléaire.

[le travail en salles de commandes]

A Lucens, on n'avait pas de pilotage automatique, on avait un opérateur sur tout le circuit thermique, et puis un sur le circuit du réacteur, mais des nuits entières on était comme un pilote d'avion, avec tout à surveiller. Il fallait vite parfois régler la puissance sous le réacteur... Ca n'était pas de tout repos.

[sur le test Kasimir, qui a montré avant même l'accident de Lucens, la faiblesse structurelle de ses barres de combustible]

...Oui oui, il y'a eu un problème avec une barre. Il me semble qu'ils avaient déjà relevé une certaine faiblesse technique dans un de ces éléments. [...] ..., mais il y avait des choses beaucoup plus graves. Un monsieur des réacteurs m'avait confié, dans les archives de Lucens, un petit sac en plastique, avec deux ou trois boulons et vis, qu'ils avaient retrouvés dans les circuits primaires, que Sulzer n'avait pas nettoyé, purifié dans les circuits. Parce qu'alors si ça arrive sur des joints de barrage ou des soufflantes, c'est catastrophique. Ca c'est toujours aussi la corrélation entre les malheurs des monteurs qui sont des braves types, mais qui n'ont aucune idée, qui ne sont pas assez surveillés. Je me souviens de Lucens quand on a reçu les blocs en graphite, aussi fragiles que des mines de crayon dans lesquels on montait les barres d'uranium. Ces blocs étaient déchargés dans la caverne du réacteur. Le gars descendait les blocs avec un grand crochet, qu'il posait sur les caisses... Ils auraient

pu être cassés, il ne se rendait pas compte. Là on comprend qu'il aurait pu y avoir des problèmes.

On avait tout une salle de traitement des eaux avec un échangeur à résine etc. On travaillait avec de l'acide sulfurique et on avait une grande quantité d'acide sulfurique sous le sol. Et une nuit, voilà qu'on a eu une fuite, tous les joints ont tous été attaqués, et l'acide sulfurique tombait dans le local. On devait aller réparer le joint du flotteur dans la citerne. Heureusement on avait déjà toutes les combinaisons étanches, et finalement ça s'est bien passé. Mais ceux qui ont monté les circuits primaires de Sulzer, ils n'ont pas été assez surveillés.

[sur les méthodes de travail à Lucens]

...au barrage de la Grande-Dixence, magnifique centrale hydroélectrique... Ca m'avait choqué de voir comment on avait monté les gros alternateurs dans des chemins pleins de poussière. *"Mes pauvres amis, ça se voit que vous ne bossez pas dans le nucléaire"* parce que nous on était toujours avec l'aspirateur. Surtout après quand on a des problèmes de contamination, mais aussi avant l'accident, on acquiert une espèce de discipline. Mais on avait des gens qui donnaient des cours à des monteurs extérieurs, qui n'avait pas tellement de notions de la propreté du nucléaire. Après l'accident, on a eu de ces problèmes de contamination (bottes, survêtements), et c'est pas des radiations, c'est de la contamination, c'est autre chose, mais c'est peut-être beaucoup plus fastidieux à gérer. Et un autre souci, c'est la compression des déchets: on avait énormément de plastique à Lucens (survêtements). On avait inventé une immense presse avec des blocs de béton, dans la caverne des machines. On prenait le bloc de béton avec le pont roulant qu'on descendait dans le container, pour comprimer les déchets.

[à la question de savoir s'il retirait une certaine fierté de son aventure à la centrale de Lucens]

A m'entendre vous vous rendez bien compte... [il sourit,... et raconte toute cette histoire avec un enthousiasme qui ne laisse aucun doute sur son plaisir]

[à propos des visiteurs de la centrale]

Ce qui m'a beaucoup frappé c'est qu'à l'époque de la construction et de la mise en

service, on avait beaucoup de visiteurs. Un enthousiasme... Et ça c'est important! Moi j'accueillais souvent des groupes de visiteurs, on leur faisait visiter la caverne des machines, on les faisait entrer dans la caverne du réacteur. Ils étaient très impressionnés par le double sas, parce qu'on avait une légère sous-pression dans la caverne du réacteur. Après je les montais tout en haut, au dessus de la ventilation, où on avait une cheminée en dessous des filtres à charbon actif. Et sous la cheminée, on avait une passerelle avec un petit anémomètre. Manuellement, je tournais la girouette, et en salle de commande, la mesure du vent changeait d'est en ouest. Après en redescendant en salle des commandes, je leur montrait "vous voyez, on était dans cette cheminée il y'a quelques minutes". Les gens visitaient avec beaucoup de plaisir et d'intérêt. Tout le monde parlait des centrales nucléaires: *"Tiens on en a un dans la région!" "Allons-voir!"*

[le travail à la centrale]

J'étais en suisse alémanique, je travaillais dans une fabrique de compteurs à eau et à gaz et je voulais aller en suisse romande. Il y avait cette annonce pour être opérateur du réacteur. [...] C'est quelque chose de très important à l'heure actuelle pour le démantèlement, de garder les ouvriers. Si on veut démanteler Mühleberg, il faut absolument que ça soit des gens qui connaissent déjà les centrales, et pas des manoeuvres qui viennent de "l'extérieur" et qui fassent les pires erreurs. Qu'on fasse venir des gens de l'extérieur pour des questions de dose de radiation, car des gens après 1 heure ou 2, ils ont leur dose de radiations, il faut en trouver d'autres! Mais autant que faire se peut, garder le personnel. Ca c'est la chance qu'on a eu à Lucens, c'est que beaucoup de gens sont restés pour le démontage.

Oui, il y a aussi toute la question des quarts, 3 fois 8 heures. Là c'est très important d'avoir les équipes solidaires. Il y a malheureusement des gars qui ne sont pas faits pour le travail d'équipe, et que personne ne veut dans une équipe de quart. On les bascule dans un service d'entretien avec un horaire régulier. A long terme, les équipes de quart deviennent des équipes très soudées, un peu comme dans les bateaux. Psychologiquement c'est très important. Et puis dans un bassin de population, on avait des choses assez touchantes, des petits paysans de 50 - 60 ans qui venaient travailler à la centrale comme concierges [pour arrondir leurs fins de mois] et qui passaient la nuit avec nous aussi, comme on avait l'ingénieur de corps, le chef de corps, deux opérateurs, et un ou deux surveillants manoeuvres. Mais ces gens là très très attachants.

Je faisais des poèmes a chaque fois qu'il y avait des départs ou des arrivées, j'ai gardé des photos prises avec ces concierges. [...]

[à propos du démantèlement de la centrale de Lucens]

....Heureusement que notre accident n'a tué personne. Ce que je dis toujours aux gens c'est que Cleuson-Dixence, quand il y'a eu la rupture du [puits] blindé, y'a eu trois morts. En Suisse aujourd'hui on n'a toujours pas eu de morts a cause des centrales nucléaires. Il a fait ca dans les années 90, espérons dès lors que y aura un certain revirement, qu'on allait abandonner le nucléaire en Suisse.

[...]

...les gens ils croient qu'il y'a encore du matériel nucléaire, qu'on a seulement coulé du béton dans le réacteur mais qu'on n'a pas tout démonté... c'est ça qui se raconte dans la région. Y en a d'autres qui disent qu'il y a eu une élévation du taux de cancers dans le village dans l'axe juste en face de la sortie de la caverne des machines.. c'est des idées qui courent, comme beaucoup d'autres.

[à propos de faucons pèlerins]

J'ai vu dernièrement, mais je ne sais plus où [centrale nucléaire de Civaux, France], qu'il y a des faucons pèlerins qui ont fait un nid tout en haut de la tour de refroidissement, et qui reviennent là, tous les ans. Alors évidemment pour la centrale, c'est une magnifique publicité!

