

【研究ノート】

フランスに於ける高速増殖炉廃止措置の歴史

Historical study on decommissioning of Fast Breeder Reactor in Frances

小島 智恵子
KOJIMA Chieko

目次

はじめに

1. 世界の原子炉廃止措置の現状
2. スーパーフェニックスの廃止措置の背景
 - 2-1. 高速増殖炉開発の概要
 - 2-2. スーパーフェニックスの廃止措置の要因
3. 仏高速増殖炉 Phénix 元開発責任者 Joël Guidez 氏へのインタビュー
 - 3-1. インタビュー内容の概略
 - 3-2. ギデ氏へのインタビュー

はじめに

高速増殖炉とは、核燃料に高速中性子を照射し、核燃料中の核分裂性物質を増殖する原子炉のことである。日本の高速増殖炉原型炉「もんじゅ」は、出力 28 万 kWe、核燃料としてプルトニウム・ウラン混合酸化物 MOX、冷却材としてナトリウムを用いており、1994 年に臨界に達したが、1995 年に 2 次系ナトリウムの漏洩事故が発生した。さらに事故後に現場を撮影したビデオが短く編集されていたことにより、事故隠しと批判され社会的な問題へと発展した。それ以降、もんじゅは約 14 年間運転を停止し、2010 年にゼロ出力での性能試験を再開したものの、2011 年に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故（福島第一原発事故）を経て、2017 年には政府により、もんじゅの廃止措置に関する基本方針が示された。同年、日本原子力研究開発機構（JAEA）から原子力規制委員会へ原子炉等規制法に基づき廃止措置計画認可の申請が提出され、現在廃止措置が行われている。

世界で高速増殖炉開発を最も推進してきたのはフランスであったが、現在フランスの全ての高速増殖炉は廃止措置となっている。その中でも高速増殖炉の実証炉としては最大の出力 124 万 kWe を有したスーパーフェニックスの廃止措置については、反原発派からは

核燃料サイクルの終焉の象徴として引用され、原発推進派からは、技術的な問題ではなく、あくまで政治的な理由で廃炉措置に至ったと主張されている。

本論では、スーパーフェニックスの廃止措置を事例とし、その背景にあった4つの要因を科学的観点で論じる。さらにオーラルヒストリーの一環として、原型炉フェニックスと実証炉スーパーフェニックス開発に携わった仏研究者へのインタビューを掲載する。本論が、もんじゅ廃止措置後の日本の高速増殖炉開発と核燃料サイクル政策を再検討する一つの契機となれば幸いである。

1. 世界の原子炉廃止措置の現状

2023年3月現在、世界の閉鎖原発数は209基、廃止措置中の炉は190基、廃止措置終了炉は19基である¹⁾。国別の閉鎖原発基数の第1位はアメリカの41基、第2位はイギリスの36基、第3位はドイツの33基、第4位は日本の27基、そして第5位がフランスの14基となっている。このうち高速増殖炉に関しては2023年3月現在、廃止措置中の炉は12基であるが3基がフランスの高速増殖炉であり、その中に唯一実証炉が含まれている²⁾。(表1)

高速増殖炉開発は、冷却材にナトリウムを用いる点で技術的困難があり、廃止措置においてもナトリウムの処理を伴うため軽水炉に比較するとより高度な技術を要する。そこでフランスの廃止措置中の原発基数は米英独日に比較すると少ないが、高速増殖炉の実験炉・原型炉・実証炉の3基を廃止措置中であることをふまえると³⁾、フランスは廃止措置に関する最先端技術を有していると言える。またフランスの高速増殖炉廃止措置の特徴として、実験炉ラブソディの次に原型炉フェニックスの廃止措置ではなく、実証炉スーパーフェニックスの廃止措置を実施したということが挙げられる。一般に原子炉は実験炉から原型炉、そして実証炉と実用化に向けて開発が進んでいくため、廃止措置についても実験炉、原型炉、実証炉の順に行われるのが一般的である。なぜフランスは原型炉フェニックスより先に実証炉スーパーフェニックスの廃止措置に着手することになったのだろうか。本論ではフランスの高速増殖炉スーパーフェニックスが廃止措置に至った過程を分析する。(写真1)

既存研究において、フランスの原子力開発の歴史を扱った先駆的な研究は、ヘイト G. Hecht の著作であるが⁴⁾、同書ではフランスが初期に開発した黒鉛減速ガス炉や⁵⁾、アメリカから導入した軽水炉に関する歴史を主としており⁶⁾、高速増殖炉に関してはほとんど扱っていない。またシュナイダー M. Schneider の論文は、フランスの3基の高速増殖炉の歴史を扱った唯一の既存論文と言えるものであり、各炉の豊富な情報を提供しているが、スーパーフェニックスが廃止措置に至った理由については、政治的な背景を説明するに留まっている⁷⁾。ギデ J. Guidez は、スーパーフェニックスに関する詳細な解説書を著しているが⁸⁾、それは物理工学的観点に基づいて書かれており、スーパーフェニックスの廃止措置の歴史的背景を調べることを目的としていない。日本の科学史家では吉岡が高速増殖炉を題材に原子力開発の歴史的評価を試みているが、その関心は日本の高速増殖炉で

フランスに於ける高速増殖炉廃止措置の歴史

表 1

国	施設名	タイプ	冷却材	出力	運転期間	廃止措置の状況*
フランス	Rapsodie	実験炉	Na	4 万 kWt	1967-1983	1983-1994 年：燃料取出し、Na 処理及び 1・2 次系機器を解体。2030 年までに解体完了予定。
	Phenix	原型炉	Na	25 万 kWe	1974-2010	2016 年許可取得。2025 年燃料取出し完了予定。2039 年 1 次系 Na 処理完了予定。2045 年放射性廃棄物処分終了予定。
	Superphenix	実証炉	Na	124 万 kWe	1986-1998	1998 年法的停止命令。2003 年燃料取出し完。2017 年 Na 処理完了。2025 年～2030 年解体完了予定。
イギリス	DFR	実験炉	NaK	1.5 万 kWe	1962-1977	2012 年一部を除き NaK 抜取り完。2021 年燃料サイト外搬出中。2025 年解体完了予定。
	PFR	原型炉	Na	25 万 kWe	1975-1994	1996 年燃料取出し完。2008 年 Na 処理完。2015 年燃料サイト外搬出開始。2027 年解体完了予定。
アメリカ	EBR-I	実験炉	NaK	0.2 万 kWe	1951-1963	1975 年廃止措置完了。
	EBR-II	実験炉	Na	2 万 kWe	1965-1994	1996 年燃料取出し。2001 年 Na 抜取り完。2002 年から安全貯蔵。2015 年グラウト注入による封鎖完。
	Fermi	実験炉	Na	6.5 万 kWe	1963-1972	1973 燃料サイト外搬出完。1984 年 1 次系 Na サイト外搬出完。安全貯蔵。
	FFTF	実験炉	Na	40 万 kWt	1980-1992	2007 年 Na 抜取り完。2009 年燃料取出し等を含む放射能低減措置完。最終的措置まで監視保管。
ドイツ	KNK-II	実験炉	Na	2 万 kWe	1977-1991	1993 年から廃止措置に着手。2001 年原子炉容器廻りの解体開始。2021 年廃止措置作業中。
カザフスタン	BN-350	原型炉	NaK	15 万 kWe + 淡水化	1973-1999	2001 年燃料取出し完。2012 年燃料サイト外搬出完。50 年安全貯蔵後解体、2075 年頃廃止措置完了予定。
日本	もんじゅ	原型炉	Na	28 万 kWe	1994 臨界 2016 廃止措置	2023 年 Na 搬出中

(出典) 世界の高速炉の廃止措置

https://www.jaea.go.jp/04/monju/world_decommissioning/ (2023 年 1 月 10 日取得情報にもんじゅの情報を追加)

あり、フランスの高速増殖炉開発の歴史に関する具体的記載はない⁹⁾。既に拙論では高速増殖炉研究の後発国であったフランスが、世界の最先端に立つまでの過程をラプソディとフェニックス開発責任者へのインタビューを基に示したが¹⁰⁾、本論ではスーパーフェニックス開発責任者へのインタビューも考慮し、スーパーフェニックスの廃止措置の新たな要因を提示する。

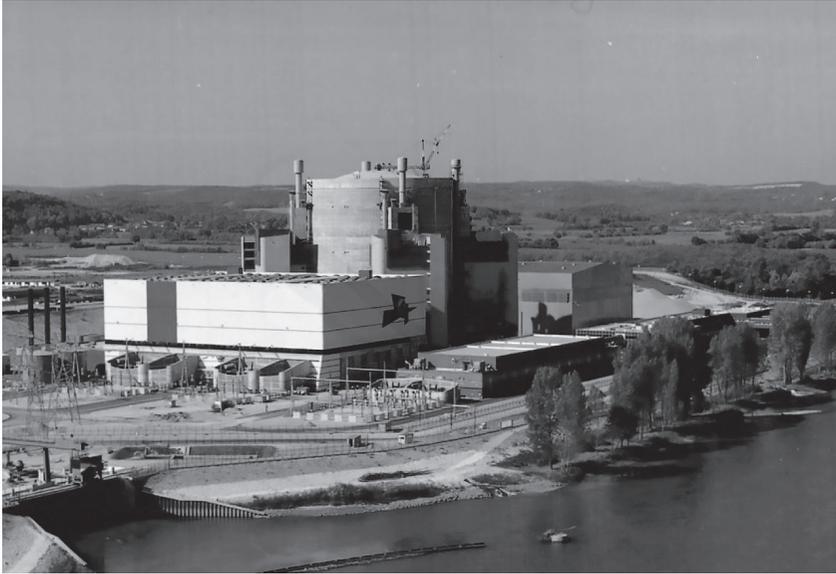


写真 1：廃止措置前のスーパーフェニックス，P. Schmitt 氏提供

2. スーパーフェニックスの廃止措置の背景

フランスの高速増殖炉スーパーフェニックスは、その名前「超不死鳥」とは裏腹に「燃え尽きた」高速増殖炉として名高い。実際、反原発の立場で書かれた著作等の中では原子力開発の失敗例としてスーパーフェニックスの事例が挙げられている¹¹⁾。一方、高速増殖炉の中で実証炉として出力 124 万 kWe に達したのは唯一スーパーフェニックスだけである。なぜ世界最大の出力を誇った高速増殖炉スーパーフェニックスは、臨界に達成してから 13 年後に廃止措置に至ったのだろうか。日本の高速増殖炉原型炉もんじゅが臨界達成後、ナトリウム漏洩事故が起きて停止となり廃止措置が認可されるまで 24 年かかったのと比較すると、非常に短期間に廃止措置が決定されたと言える。本節ではスーパーフェニックスが廃止措置に至ることになったフランスの特殊な原子力事情を明らかにする。

2-1. 高速増殖炉開発の概要

フランスの 3 基の高速増殖炉が臨界に達してから廃止措置に至る過程を要約すると以下の通りである。

実験炉ラプソディの主管はフランス原子力庁（以下 CEA）であり¹²⁾、フランス初の黒鉛減速ガス炉 G1 に関わった研究者により開発され、中心人物は「高速増殖炉の父」と呼ばれるヴァンドリエス G.Vendryes であった¹³⁾。出力 4 万 kWt のラプソディは、1967 年に臨界に達し、1983 年まで稼働した後に廃止措置が決定した¹⁴⁾。

原型炉のフェニックスは CEA とフランス電力（以下 EDF）が共同で開発し、中心人物

フランスに於ける高速増殖炉廃止措置の歴史

は CEA 出身で後に EDF に移ったカール R. Carle であった。フェニックスの炉心は CEA、核燃料とタービンは EDF が担当した。出力 25 万 kWe のフェニックスは 1973 年に臨界に達し、1994 年に設計寿命に達した。その後、安全上の改造・補講工事を行い 2009 年まで寿命が延長され、2010 年から廃止措置に入った。

実証炉スーパーフェニックスは EDF・イタリア電力 (ENEL)・ドイツ・ベルギー・オランダの高速増殖炉発電会社 (SBK) が設立したコンソーシアム NERSA により建設・管理・運転された。EDF の開発中心者は、ミシュール H. Michoux, ソヴァージュ J-F. Sauvage, シュミット P. Schmitt であった。出力 124 万 kWe のスーパーフェニックスは 1985 年に臨界に達したが、1987 年と 1990 年にナトリウム漏洩等の事故が起きたため稼働停止となり、1992 年には首相声明により再稼働延期が決定した。その後、1994 年にスーパーフェニックスの使用目的が発電炉から研究炉に変更されたものの、1998 年に廃止措置が決定した。

表 2

年 月 日	事 象
1974 年	NERSA 設立
1977 年 3 月	発電所建設着工
1985 年 9 月	初臨界達成
1986 年 12 月	100% 出力運転開始
1987 年 5 月	運転停止 (使用済み燃料貯蔵タンクからナトリウム漏えい)
1989 年 2 月	運転再開 (運転期間 8 ヶ月の条件付)
1989 年 10 月	運転停止 (定期点検, 計画停止)
1990 年 4 月 18 日	運転再開
1990 年 4 月 28 日	運転停止 (2 次系蒸気発生器から少量のナトリウム漏えい)
1990 年 6 月 12 日	運転再開 (100% 出力運転)
1990 年 7 月 3 日	運転停止 (落雷による自動停止) (1 次系ナトリウムポンプのフィルター交換)
1992 年 6 月	首相声明により、運転再開延期 (公聴会開催およびナトリウム火災対策)
1994 年 2 月	SPX の目標変更 (・FBR 性能実証, ・プルトニウム燃焼研究, ・長寿命放射性廃棄物の燃焼研究)
1994 年 7 月	SPX の設置許可政令
1994 年 8 月 4 日	運転再開 (90% 出力)
1996 年 12 月	運転停止 (炉心交換, 燃料交換等の計画停止)
1997 年 2 月 28 日	フランス国務院の 1994 年 7 月の SPX 設置許可政令の無効判決
1998 年 2 月 2 日	フランス政府による SPX 閉鎖正式決定
1998 年 12 月 30 日	SPX 廃止措置許可政令

(出典) 日刊工業新聞社第 36 巻, 第 12 号 (1990) p.54。(社)日本原子力会議: 原子力年間 (1999/2000) pp.165-166。なおこの表の SPX とはスーパーフェニックスのことである。

このように 1974 年に臨界に達した原型炉フェニックスが 2010 年に廃止措置に入ったのに対し、1985 年に臨界に達した実証炉スーパーフェニックスは 1998 年に廃止措置が決定したのである。

なお、スーパーフェニックスの運転経過は表 2 の通りである。

2-2. スーパーフェニックスの廃止措置の要因

1) ナトリウム漏洩事故と技術的問題点

スーパーフェニックスではナトリウム関連の事故が 2 回起きた。1 回目は 1987 年 3 月に起きたナトリウム漏洩によるもので、2 回目は 1990 年 7 月に少量の空気が 1 次系のナトリウムに入り酸化したことによるものであったが、原子力安全レベルに抵触するものではなかった。ちなみにナトリウム漏洩事故はスーパーフェニックスだけに起こっていた訳ではなく、フェニックスにおいても 32 回ナトリウム漏洩事故が起こっていた¹⁵⁾。もんじゅは 1995 年のナトリウム漏洩事故後、長らく停止したものの最終的には再稼働に至らず廃止措置になったことから、日本ではナトリウム漏洩事故は程度に依らず非常に危険であるので、ナトリウム漏洩が生じれば直ぐに廃止措置にすべきであるという風潮があるように思える。一方、筆者がフランスの原子力技術者から聞いた限りでは、高速増殖炉におけるナトリウム漏洩事故は起こりうる可能性が高いと認識した上で、その都度対処していけばよいと考えているようである。

例えば 2002 年から 2008 年の期間、フェニックス開発の責任者であったギデへのインタビューによると、フェニックスでは 32 回の漏洩事故が起きたものの安全面では大きな問題はなかったとのことである¹⁶⁾。(写真 2)

一方、ナトリウム漏洩事故が起こった場合には原子炉のループを空にして漏洩元を探して修復するが、その間原子炉を稼働できないことが厄介な問題であった。原子炉の停止期



写真 2：ナトリウム漏洩後のフェニックスのバルブ，
J. Guidez: *Phénix*, ecp Sciences, (2013) p.213.

間は漏洩元がどこかによるかに依存し、漏洩が大きなパイプに起因するものであれば保温材を取り外さなければならず、パイプを切断し溶接し直して結合するため何ヶ月もかかり原子炉が使用できない期間が長くなった。反対に漏洩が直径 1cm の小さなパイプであれば早急に再開できたのである。

ギデのインタビューでの発言を考慮すると、スーパーフェニックスで起きた 2 回のナトリウム漏洩事故は、少なくともフランスの原子力技術者にとってはスーパーフェニックスを廃止措置にする理由にはならなかった。高速増殖炉の冷却材としてナトリウムを選択した時点で、ナトリウムの化学的性質に伴うトラブルは想定内のことであり、ナトリウム漏洩事故はその一つであった。技術的な困難はナトリウム漏洩事故よりもむしろ想定外の現象への対応にあったと思われる。

ナトリウム漏洩事故以外にも高速増殖炉には炉心反応度低下現象（正のボイド係数を持つ）という原因不明の問題があり、既にこの現象はフェニックスで 1983 年に 3 回、1990 年に 1 回と計 4 回発生していた。原型炉フェニックスの技術的延長上に実証炉スーパーフェニックスがあることより、当然スーパーフェニックスにも影響を及ぼすと案じられた。実際、1992 年 6 月と 1994 年に 4 月に原子力施設安全局（以下 DSIN）は、スーパーフェニックスに対して「安全上の観点から、再稼働を全面的に勧告することはできない」と報告し、再稼働する際の出力と運転期間に条件を付けているが、再稼働を勧告できない理由には、この炉心反応度低下現象が含まれていた。

先のインタビューでギデは、炉心反応度低下現象が起きた場合の原子炉緊急停止のシナリオについて当時（2015 年）でもこの現象の説明が困難であると述べている。ギデのシナリオによると、炉心周辺で 1200℃ という高温ゾーンが発生した場合、沸点約 900℃ のナトリウムは蒸発し泡が生じてその泡は内破しながら衝撃波を生み出し炉心を動かすことになるのだが、その結果、炉心反応度低下現象が生じて事故につながる。泡の内破、衝撃波、炉心の動き、電気機器への影響などを計算するのは非常に複雑ではあるが、パラメーターを変えて計算をすればシナリオの正当性を示す結果を出すことはできる。しかし、非常に複雑な計算を用いてそのシナリオの有効性を示したとしても、机上の計算は事実を 100% 解明しないので証明はできないのである。さらにフェニックスは廃止措置に入っているため、原子炉を用いてそのシナリオを実証できなくなってしまった。

ギデによると、炉心反応度低下現象の問題を扱ったのはフェニックスで起きた 4 回の現象が初めであったそうである。炉心の周辺でラジオアイソトープを生成する装置が原因となりナトリウムの蒸発に伴い泡が内破し、衝撃波の発生により燃料集合体が 3mm ほど離れてしまったが、これらの集合体は短時間、約 2 万分の 1 秒間動いて元に戻った。燃料集合体が離れ反応が低下し集合体が元の位置に戻ってくると反応も回復するというような変動であるが、衝撃波で集合体の動きは複雑になるため確実な結果を得ることは難しいのである。なおギデはフェニックス操業当初、この現状が起こることを予想していなかったそうである。さらに炉心反応度低下現象は、フェニックスに特化した現象ではなく高速増殖炉であれば起こりうる現象であるが、フェニックスの事例がそれら全てに当てはまる訳ではなかった。

インタビューからフェニックスで生じていた炉心反応度低下現象の解明ができていなかったことを DSIN がスーパーフェニックスの技術的問題点として重視していたと考えられる。なお DSIN は炉心反応度低下現象の他に、二次系建屋内でのナトリウム火災の潜在的危険性、高速増殖炉内の検査の困難と長期化を理由にスーパーフェニックスの再稼働に対して否定的な考えを示した。

2) 反原発運動

スーパーフェニックスが臨界に達した翌年 1986 年にチェルノブイリ事故が起きたことが、翌年 1987 年に起きたナトリウム漏洩事故後のスーパーフェニックスへの反対運動の大きな要因であったことは確かである。フランスが 1970 年代後半から極端な原子力開発を促進できた理由の一つに、少なくとも表面上は大きな原発反対運動が起こらなかったことがある。フランス国民が原子力開発に関して抵抗が少ないのは、核保有国であることに加え、一次エネルギー資源を保有していないことからエネルギー自立のために原子力に頼らざるを得ないという意識が高いからである。2 回の石油危機を経て 1980 年代に原発が増設された時期は原発の必要性が周知されており、原発建設現場や操業施設の見学、PR 館での説明等の広報活動の効果もあり、1985 年末には世論の約 65% が原子力に賛成していた。しかし 1986 年のチェルノブイリ事故により原子力に対する懸念が急増し、事故の直後では原発事故の危険性があるとし、原発停止に値するという考えが 42% を占めた¹⁷⁾。国民が EDF の情報にも懐疑的となり政府も信頼を失った時期に¹⁸⁾、スーパーフェニックスのナトリウム漏洩事故が起きたのである。実はスーパーフェニックスに関しては建設の段階で大きな反対運動が起きており、1977 年 7 月に行われたデモには 6~10 万人が参加したと言われ、一人の死者を出した¹⁹⁾。(写真 3) スーパーフェニックスが建設されたクレイ-マルヴィル Creys-Malville は、スイスのジュネーブにも近接しているためスイスの反原発団体もこのデモに参加していた。このようにスーパーフェニックスに関しては



写真 3

(出典) hebdomadaire d'écologie politique, n.159, 1977 年 5 月 26 日

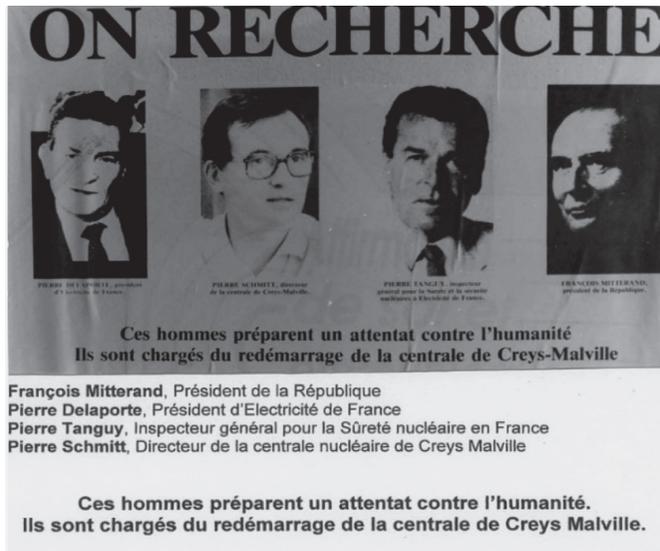


写真 4

(出典) Le comité antinucléaire pour la neutralisation des irresponsable (C.A.N.I) Lyon-Geneve-Grenoble, le 14 juillet 1988

建設当初から反原発運動のターゲットになっていたことも相まって廃止措置運動が激しくなり、1998年には当時のフランス大統領ミッテラン F. Mitterrand を含む4名が、スーパーフェニックスを再稼働させようとしている人権侵害者として反原発団体から強く批判された。(写真4)

3) 政治的エコロジー運動と連立政権

フランスでは1970年代半ばから様々な団体によるエコロジー運動が開始され、各種選挙にも参加し地方選挙では議席も獲得していたが、1984年に初めて全国レベルのエコロジー政党として「緑の党」が成立した。欧州議会選挙では1989年に緑の党が10.67%で9議席を獲得し、同年コミューン議会選挙では各地のコミューンでエコロジー政党の合計1369名が首長や助役を含めて当選した。また1992年の地域圏議会選挙では緑の党が7.19%、1990年に結成した「エコロジー世代」が7.09%、両者あわせて14%、約350万票を獲得した。エコロジー政党への支持はこの時が最大であったが²⁰⁾、この勢いがスーパーフェニックスへの反対運動と重なったのである。原発からの撤退を要求した緑の党と原発を容認しているものの混合酸化燃料(MOX)加工工場設置には反対しているエコロジー世代は原発政策に対して異なる考えを持っていたが、スーパーフェニックスの再稼働については延期すべきという方針で一致しており、ベレゴヴォア P.Bérégovoy 首相に対しスーパーフェニックス再稼働延期声明を出すよう圧力を加えた。

1992年6月に政府は発電炉ではなく、長寿命放射性廃棄物の燃焼に関する研究炉としてスーパーフェニックスを再稼働することを提案した。1992年12月に研究省は研究炉と

フランスに於ける高速増殖炉廃止措置の歴史

しての使用に肯定的な報告書を出し、1993年3月から6月に実施された地元意見調査を基に、同年10月に安全面で当局の合意があれば運転再開を認めるという報告書が提出された。そこで1994年2月、政府はスーパーフェニックスの発電は副次的なものとし、再稼働の目的をプルトニウムと長寿命放射性廃棄物の燃焼研究と位置づけ、ナトリウム火災対策の実施を条件とする声明を発表し7月に設置許可政令を出した。その後、同年8月にスーパーフェニックスは再度臨界に達し、1996年には過去最高の95%の稼働率を達成した後、同年末には発電炉から研究炉に改造するための計画停止に入った。

ところが停止中の1997年2月に国参事院 (Conseil d'État) が、1994年の設置許可政令を無効とする判決を下したためスーパーフェニックスは運転できなくなった。同年6月には社会党・共産党・緑の党の連立政権が誕生し、新首相ジョスパン L. Jospin は就任演説の中で緑の党との共同選挙綱領に従いスーパーフェニックスの廃止措置政策を打ち出した。その後、1998年2月に関係閣僚会議で正式にスーパーフェニックスの即時閉鎖が決定され、同年12月にスーパーフェニックスの閉鎖手順を具体的に規定した政令が公布され、法的手続きが完了した。

このように1997年6月に誕生した連立政権によって突然にスーパーフェニックスが即時閉鎖されたことに対して原子力推進派は強く反発しており、特にCEAの技術者たちは、スーパーフェニックスの廃止措置はあくまで政治的な決定であり、技術的な問題ではなかったと主張している。その根拠として停止していた期間の多くは行政手続等のためであり、通常運転ができた期間が短かったことを挙げている (図1)。

原子力推進派の代表としてCEAで1982年に高速増殖炉部門長を務め、1994年から2000年は軍事応用部門長、2000年から2004年は原子力部門長であったブシャール J. Bouchard を挙げることができる。ブシャールはインタビューでスーパーフェニックスの廃止措置は、緑の党と社会党との間の駆け引きによってなされたまさしく政治的な決定であって、技術的経済的なものではなかったと述べている²¹⁾。さらにスーパーフェニックス

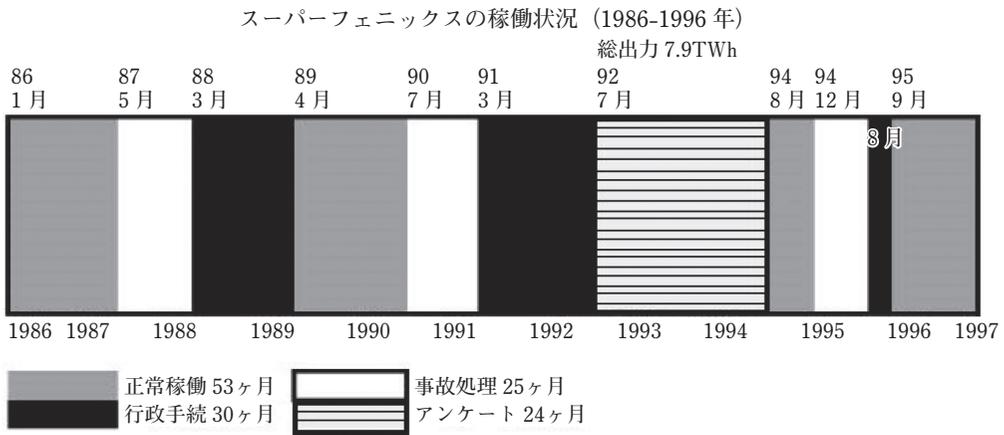


図1：1986-1996年の期間のスーパーフェニックスの運転状況。
J. Guidez: *Superphénix*, Atlantis Press (2016) p.72. を基に作成。

を作製し採算が合いそうになったところで停止させたことは50億ユーロもの損失というカタストロフィを生み出し、同時に原子炉に関する知識を深めることができた研究炉としてのスーパーフェニックスを失ったことは原子力計画においても残念なことであり、その廃止措置は愚かな決定だったと断言している。一方、ブシャールによると政府は常に原子力エネルギー開発には賛成であると同時にスーパーフェニックスの廃止措置にも賛成したのである。高速増殖炉の研究者にとってはスーパーフェニックスの廃止措置は衝撃的であったが、政治家にとっては原子力推進という政策を変更した訳ではないのでさほど重要な問題ではなかったということである。

1) で述べたようにスーパーフェニックスには技術的問題があった。しかし、なぜスーパーフェニックスが臨界に達成してから13年後という短期間に廃止措置に至ったのか、という問いに対しては1997年6月に誕生した社会党・共産党・緑の党の連立政権が公約を果たしたから、という回答が最も相応しいだろう。ただし、スーパーフェニックスの廃止措置を契機に政府の原子力推進政策が転向し、フランスが脱原発に向かった訳ではない。政府は原発推進の姿勢は変わらず、緑の党の最終目標である原発からの撤退を認めない代わりに原子力最先端技術の象徴であるスーパーフェニックスを廃止措置にしたのである。原発を推進する側は、当座の原発反対を凌ぐためにスーパーフェニックスが犠牲になったと解釈しているのではないだろうか。

4) CEAとEDFの確執

フランスの原子力開発史の中でCEAとEDFの確執として最も有名なものは、1960年代の炉型戦争である²²⁾。この論争は1970年代にフランスが選択する炉のタイプを決める論争であり、具体的にはフランスが独自に開発した黒鉛減速ガス炉を支持するCEAとアメリカの軽水炉輸入を支持するEDFとの対立であった。CEAが軽水炉を開発しなかった理由の一つは、軽水炉は核燃料として濃縮ウランを用いるからであった。当時濃縮ウラン精製は軍事機密であり、西側諸国ではアメリカしかその生産技術を持っていなかった。原子力開発において自主独立を尊重したフランスは、濃縮ウランをアメリカに依存することを避け、天然ウランを核燃料として使用する黒鉛減速ガス炉開発の道を選んだのである。結局、原発諮問委員会は軽水炉を選択したが、その理由はアメリカが多くの軽水炉を受注してコストダウンが期待されたこと、濃縮ウランについては将来ヨーロッパでの濃縮事業の発展によってアメリカの独占が緩和されると期待されたことなどがあった。フランスは1970年代からウェスティングハウスの圧力型軽水炉(PWR)を導入し、第一次石油危機以降に極端な原子力推進政策を採ることになったが、その方向性を決定したのが炉型戦争であった。

スーパーフェニックス開発においてもCEAとEDFの確執はあったのだが、既存研究ではほとんど扱われていない。スーパーフェニックスは、仏伊蘭白のEDF・ENEL・SBKが設立したコンソーシアムNERSAにより建設・管理・運転されたので、EDFが高速増殖炉開発を推進していたように思われるが、実際にはEDFではなくCEAが大きく関与していたのである。そしてCEAはスーパーフェニックスの運転継続を望んでいたが、EDFの

一部の人を除いた大部分にとって、スーパーフェニックスは負担となる厄介ものだったのである。クレイ-マルヴィル研究所元所長で、スーパーフェニックスの建設から廃止措置に至るまで関わったシュミット（写真4で指名手配されている人物の一人）はインタビューで次のように話している²³⁾。ここでは、当時のEDFでスーパーフェニックスを支持することが困難であったという感情を伝えるため、インタビューの翻訳を示しておく。

小島：スーパーフェニックスに従事したEDFの人々は、少数派だったと言えますか？

シュミット：はい、彼らは少数派で、プラントのディレクターは常にCEAの係官でした。

小島：あえて言わせていただくと、彼らは研究の前衛部隊だったのではありませんか？

シュミット：彼らは少数派ですが、CEAの人々と同じテーマに関し、平等に従事していました。最初はかなり距離がありました。例えば安全性の研究は事故研究専用原子炉があるCEAのカダラシュ Cadarache サイトで実施され、CEAと放射線防護・原子力安全研究所（IPSN）の人々だけが関与していました。EDF側で安全性に取り組んだのは原子炉安全報告書作成を担った人々だけでした。

スーパーフェニックスの稼働開始からCEAは稼働中に出てきた未解決の問題の解決に従事しました。EDF側は実際にはクレイ-マルヴィルサイトに大した関心は持っていませんでした。EDFはスーパーフェニックスを運用していた欧州企業 NERSA の大株主ではありませんが、EDFはPWRの原子力発電所から電力を生産することに専念していました。クレイ-マルヴィルのEDFの多くはCEAからの出向者で、筆頭者はカールでした。EDFではスーパーフェニックスは好奇心が前面に押し出されていて、あまりにも野心的で金がかかる不要なものと考えている人が多く、関心を持つ人は少なかったのです。要するに（スーパーフェニックスに関わるのは）間違えだと。この実験炉の困難、90年代に政治的反勢力が益々力を持つようになった状況、欧州で電力市場の自由化が勧められてことなどによりEDFはあえてスーパーフェニックスへ投資しようとする気がなかったのです。情勢が好ましければ技術的な問題ではなく、恒常的に政治的、行政的、あるいは司法的な理由でプラントが稼働停止にならなければ、EDFの支援はもっと強く大規模であったでしょうが、そのような状況ではなく疑いと無力感が広がっていました。

小島：しかし、あなたはEDFの人ですから、EDFの人々の関心をスーパーフェニックスに集めようとしたのではないですか？ でもそれは、難しいことだったのですね。

シュミット：言葉にするのは難しいですがEDFでは一部の人々は反対し、更に敵対的でスーパーフェニックスを全く支援しませんでした。それどころか特に研究を担った人々にとってスーパーフェニックスは「馬鹿げたもの」でした。また別の人々は（高レベル放射性廃棄物処分の研究炉としてスーパーフェニックスを活用する）プルトニウム燃焼やマイナーアクチニド変換研究計画が話題にのぼると、それは「馬鹿げていて、金がかかるゴミ」と考えていました。彼らにとって（高レベル放射性廃棄物処分の）唯一の解決策は「地下の奥深くに全て埋める」地層貯蔵でした。

EDFの内部にはクレイ-マルヴィル周辺で働いている人にも関わらずスーパーフェニックスに反対する人がいたのです。クレイ-マルヴィルでは高速増殖炉を扱える本当の能力

を有している人は、ごく少数でした。パリでの会議に出かけた時の反応は、スーパーフェニックスは高くつき、稼働することなく永久に停止すべき不要なものだ、などとするマスコミで吹聴される反対勢力に近いものがありました。要するにスーパーフェニックスは失敗であって継続する理由はよく理解されなかったのです。EDF 内部でさえ多くの誤解があり、プラントはしばしば維持費用がかかるダンサーに例えられました。ですから 1997 年に緑の党がジョスパン政権にスーパーフェニックスの完全閉鎖を強いたのですが、特別な感情もなく無関心の中で物事が進んで行きました。そしてスーパーフェニックスは常に交換材料に使われました。重要な選挙が目前に迫ると小さくなっているように時には忘れられているように求められました。政界的にならないように理由を付けて稼働停止になりました²⁴。スーパーフェニックスは反対勢力が狙うシンボルになり、他の原子力発電所を守るための一種の避雷針になっていました。反対勢力が興奮して鬱憤を晴らしている間に他のプラントを静かに稼働させるのです。スーパーフェニックス停止に署名したジョスパン内閣の何人かは明らかにこれを知っていました。

これがクレイ-マルヴィルの現場で高速増殖炉開発を経験した一人として、そこで CEA カダラシュの人々やフランス、イタリア、ドイツの設計者と共に働いた私の見解です。確かなことはスーパーフェニックスは EDF に愛され、可愛がられる子供ではなかったということです。

シュミットへのインタビューからスーパーフェニックスの炉心等本質的な部分の研究は CEA の研究者によってなされ、安全性の研究は、CEA のカダラシュサイトにて CEA と IPSN の研究者だけが関与していたことが分かった。つまりスーパーフェニックスについては EDF が NERSA の中心機関ではあったが、実際には CEA の関与が非常に大きかったのである。またシュミットは、EDF が独自に高速増殖炉研究を行ったことはなく、高速増殖炉研究に関しては、EDF から CEA に出向したと述べている。さらに EDF において高速増殖炉研究者は少数派であり、EDF の大部分は、スーパーフェニックスを金食い虫で不必要なものと考えていた。つまり高速増殖炉開発を推進する立場である CEA と開発を中止したい EDF の間には大きな隔たりがあった。そして 1997 年 6 月に誕生した連立政権によるスーパーフェニックスの廃止措置政策を EDF は直ぐに受け入れ、強く反対したのは CEA だったのである。

1994 年 7 月にスーパーフェニックスに対して、発電炉ではなく研究炉として設置許可政令が出されるが、シュミットへのインタビューから EDF は研究炉としてスーパーフェニックスを再稼働させ、マイナーアクチニド変換研究を実施することにも反対していたことが分かった。この点でも CEA と EDF は対立しているが、その理由は放射性廃棄物の最終処分方法が関わっている。

フランスでは、1991 年に放射性廃棄物管理研究法（通称パタイユ法）が制定され、最終処分の方法として以下の 3 つの候補が出された。

- ①長寿命放射性核種の分離・変換（マイナーアクチニド変換研究計画等）
- ②可逆性のある、またはない地層処分

③コンディショニング（固形化材で安定固化）と長期地上貯蔵

これに関してCEAは①長寿命放射性核種の分離・変換，を検討し，この実験をスーパーフェニックスを用いて行うことを想定していた。これに対してEDFは②可逆性のある，またはない地層処分，を支持した。いずれにせよ，バタイユ法では2006年までに結論を出すことになっていたのので，少なくとも2006年まではスーパーフェニックスを研究炉として使用するというのがCEAの考えであった。つまり，放射性廃棄物の最終処分方法の研究にCEAはスーパーフェニックスを必要としていたが，EDFには不必要だった。そこでEDFはスーパーフェニックスの廃止措置政策に対して強く反対することなく認めたのである。

【参考文献と注釈】

- 1) 原子力デコミッションング研究会 <http://www.decomiken.org/worlddb/index.html> (2023年3月30日取得)
- 2) 世界の高速炉の廃止措置 - https://www.jaea.go.jp/04/monju/world_decommissioning/ (2023年3月30日取得)
- 3) 実験炉とは，原子炉の開発のために実験や研究を行うための第一段階の原子炉の事であり，発電用の原子炉よりもかなり小規模である。実験炉を経て，新たな型式の動力炉を開発する途中の段階で，技術的性能を確認する第二段階の原子炉のことを原型炉と言う。続く第三段階の原子炉を実証炉と言い，実用規模原子炉の技術の実証と経済性を確立するためにつくられる原子炉を指す。
- 4) G. Hecht: *The Radiance of France*, The MIT Press (1998) p.60.
- 5) 黒鉛減速ガス炉とは，黒鉛減速炭酸ガス冷却型原子とも言い，核燃料に天然ウラン，減速材に黒鉛，冷却材に炭酸ガスを用いる原子炉のことである。当時，濃縮ウランを得られなかったフランスは，核燃料に天然ウランを用いざるを得なかった。
- 6) 軽水炉とは，アメリカで開発された原子炉で，核燃料に濃縮ウラン，減速材と冷却材に軽水を用いる原子炉のことである。軽水炉は，現在世界の原子炉の主流になっており，沸騰水型炉（BWR）と加圧水型炉（PWR）の2種類に分けられる。
- 7) M. Schneider: 'Fast Breeder Reactors in France', *Fast Breeder Reactor Programs: History and Status*, *Fissile Materials* (2010) pp.17-35.
- 8) J. Guidez: *Superphénix*, Atlantis Press (2016)
- 9) 吉岡齊：「原子力開発の歴史的評価-高速増殖炉を題材にして」『科学と社会 2002』（2004）pp.166-175.
- 10) 小島智恵子：「フランスに於ける高速増殖炉開発の歴史」『総合文化研究』第15巻第1号（2009）pp.1-39.
- 11) 原子力発電に反対する福井県民会議：『高速増殖炉の恐怖』緑風出版（1985）pp.112-114.
小林圭二：『高速増殖炉もんじゅ』七つ森書館（1994）p.170., p.178.

【原子力資料情報室声明】高速増殖原型炉もんじゅ廃炉決定—政府は現実を受け入れ，核燃料サイク

ルから撤退を—: <https://cnic.jp/7306> (2023年3月30日取得)

- 12) CEAは創立した1945年には、Commissariat à l'énergie atomiqueという原子力エネルギーのみの名前を称した庁であったが、2010年以降はCommissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternativesとなり、原子力の他に代替エネルギーを含む名称となった。
- 13) G. Vendryes: *Superphénix Pourquoi?*, Nucléon (1997) pp.26-28.
- 14) kWtのtはthermalのことであり、熱出力(単位時間当たりの原子炉の発熱量)を意味する。なお、kWeのeはelectricityのことであり、電気出力(原子炉の発電量)を意味する。一般に、実験炉は発電を目的に設計されていないため、熱出力で記載する。
- 15) J. Guidez: *Phénix*, ecp Sciences, (2013) p.213.
- 16) J. ギデへのインタビュー(2015年11月2日パリCEAにて)本論3. 仏高速増殖炉Phénix元開発責任者Joël Guidez氏へのインタビューに全文を掲載
- 17) L'Express 掲載記事 https://www.lexpress.fr/actualite/politique/comment-l-opinion-francaise-a-evolué-sur-le-nucleaire_972945.html (2022年4月1日閲覧)
- 18) チェルノブイリ事故の直後に、当時の厚生省放射線防護センター(SCPRI)長P. Pellerinが、事故によるフランスへの放射線被曝の影響について過小評価したことが社会的な問題となった。2006年に放射線防護原子力安全研究所(IRNS)は、当時のSCPRIの放射線量発表値の1000倍の放射線量が実際の放射線量であることを発表した。Pellerinは、NPO放射能に関する調査および情報提供の独立委員会(CRIIRAD)により、2001年に詐欺罪で起訴されたが2011年には無罪判決となった。
La Croix 誌オンライン2013年3月6日版'Décès du spécialiste en médecine nucléaire Pierre Pellerin' https://www.la-croix.com/Actualite/France/Deces-du-specialiste-en-medecine-nucleaire-Pierre-Pellerin_NG_-2013-03-06-918129 (2023年3月30日取得)
- 19) 「超不死鳥ついに死す」*OVNI*, N.401. (1997)
- 20) 金丸裕志: 「西欧におけるエコロジー政党の発展」『和洋女子大学紀要』第50集(2010) pp.131-150.
- 21) 小島智恵子: 「フランスの原子力開発に関するインタビュー」『物理学史ノート』No.10(2007) pp.54-81.
- 23) 文献4) p.60.
- 23) 著者によるP. Schmittへのインタビュー(2008年3月15日リヨンにて)
- 24) 例えば図1において、スーパーフェニックスが行政手続きのために停止していた1988年3月～89年4月の期間には、大統領選挙、国民議会総選挙、欧州議会選挙が実施されていた。同様に1994年8月～95年9月の行政手続停止期間においては、大統領選挙と欧州議会選挙が行われていたので、少なくともこれらの期間においては、シュミットの指摘通り、選挙の影響が顕著に表れていると言える。

3. 仏高速増殖炉Phénix元開発責任者Joël Guidez氏へのインタビュー

3-1. インタビュー内容の概略

- 1) フェニックスの稼働が延長された背景
2. スーパーフェニックスの廃止措置の背景では、一般に原子炉は廃止措置について実験

炉、原型炉、実証炉の順に行われるのが一般的であるにも関わらず、フランスでは実証炉のスーパーフェニックスが原型炉のフェニックスよりも先に廃止措置に至った理由を説明した。1987年と1990年に起きたスーパーフェニックスのナトリウム漏れ事故により、スーパーフェニックスは研究炉に用途変更され、1998年12月にはその閉鎖が決定した。その結果、本来スーパーフェニックスを用いて実験すべきことをフェニックスが請け負うことになった。具体的には、マイナーアクチノイドや長寿命放射性廃棄物の核変換実験を実施したが、そのためにはフェニックスに対して安全上の改造や補強工事を行う必要があった。1973年に臨界に達したフェニックスは、1994年には20年間の設計寿命に至ったが、上記の理由により、改造と補強工事が求められ、2003年にはフェニックスが再稼働され、2009年までフェニックスの寿命は延長された。その後、2009年3月に通常運転を終了し、2010年2月には試験運転も終了した。2010年からは、使用済燃料の取り出しとナトリウムの抜き取り、ナトリウム処理施設等を準備し、2030年以降の解体を目指している。フェニックスは、長期にわたり使用されてきた高速増殖炉ということで1997年9月にはアメリカ原子力学会から Nuclear Historic Landmark に選ばれた。しかし、その背景にはスーパーフェニックスが廃止措置になったため、フェニックスが稼働せざるを得なかったという事情があった。

2) インタビューイー

ジョエル・ギデ Joël Guidez 氏は1973年に Ecole Central を卒業してから CEA のカダラシュサイトで8年間スーパーフェニックス開発に従事した。その後マルクールサイトにてフェニックス開発に携わり、1987年に再度カダラシュに戻り欧州高速炉 (EFR) の研究をし、その後 CEA のサクレイ研究所やオランダにて研究を重ね、2002年にフェニックスの責任者としてマルクールサイトに赴任して2008年まで務めた。つまり、ギデ氏は、フェニックスが再稼働後、廃止措置に至るまでの再稼働延長期間にフェニックスの責任者であった。

3) 質問事項

インタビューは、2015年11月2日にパリの CEA 本部にて実施し、フェニックスを事例に以下の質問をした。

- ①高速増殖炉開発におけるフェニックスの功績の中で、最も評価できること。
- ②フェニックスで起きた32回のナトリウム漏洩への対処。
- ③ネガティブ反応現象が起きた場合の原子炉緊急停止のシナリオ。
- ④スーパーフェニックスの停止がフェニックスに及ぼした影響。
- ⑤ CEA がフェニックスの改修工事を実施した理由。
- ⑥ 2002～2008年のフェニックス責任者としての任務。
- ⑦フェニックス解体作業工程と困難な点。
- ⑧ Ecole Central を卒業後、原子力開発に進んだ理由。
- ⑨ 1987年 (スーパーフェニックスのナトリウム漏れ事故後) のカダラシュサイトにおけ

る高速増殖炉研究の士気。

- ⑩マルクールサイトにおけるフェニックスの役割。
- ⑪第四世代原子炉に関する考え。
- ⑫福島第一原発事故がフランスの原発（特に高速増殖炉）計画に与えた影響。
- ⑬日本の高速増殖炉「もんじゅ」計画の遂行に関する意見。

ギデ氏へのインタビューでは、高速増殖炉の稼働延長による技術的な困難、再稼働や廃止措置に伴う問題点を中心とし、もんじゅの再稼働や福島第一原発事故の仏原子力政策への影響についても質問した。フランスの初期の高速増殖炉開発に貢献したほとんどの方が既に他界されていることをふまえると、オーラルヒストリー分野の資料として、本インタビューを記録に残すべきであると考えた。以下にギデ氏へのインタビュー全文を掲載する。

3-2. ギデ氏へのインタビュー

KOJIMA : Phénix a fait d'importants travaux dans l'histoire de Réacteur à neutrons rapides (RNR). Parmi ses travaux, qu'est-ce que vous estimez le plus et pourquoi ?

M.GUIDEZ : Le point important, c'est la durée de fonctionnement du réacteur qui a permis de valider un certain nombre de matériaux, un certain nombre de fonctionnements de composants pour une très longue durée. Certains matériaux par exemple ont dû être écartés pour dans le futur parce qu'ils ne présentaient pas une durée de fonctionnement suffisante. Le point important c'est le cycle du combustible, c'est la première fois et l'unique fois au monde où on a fait un cycle de combustible rapide à niveau industriel. Avec 520 assemblages qui ont été retraités, on a extrait le plutonium, qu'on a réutilisé pour faire des nouveaux assemblages pour réacteurs. Ça représente un grand nombre de tonnes de plutoniums, de combustibles qui ont été retraités. Alors ceci avait été fait, en termes de laboratoires, c'est le premier réacteur américain et c'est la première fois qu'on le faisait au niveau mondial et c'est la seule fois que ça a été fait au niveau industriel, en termes de tonnes de combustibles. Et puis les points importants c'est tout ce qu'on a appris au niveau fonctionnement du réacteur, au niveau difficulté aussi, tous les problèmes de corrosion ... Tous ces problèmes ont été résolus au fur et à mesure, et on voit bien quand on regarde Superphénix ensuite, que tous les problèmes qui ont été résolus à Phénix, ont pu être évités pour le réacteur suivant. Donc on voit bien qu'il y a un retour d'expérience, et tout ce qui a été appris permet d'éviter des problèmes pour les réacteurs du futur. On peut signaler aussi par exemple les retours de gaines, on en a eu un certain nombre à Phénix au début, on a compris pourquoi, on a réussi à les résoudre. Après on a plu eu de retour de gaines à Phénix et on n'en a eu aucune à Superphénix. Et puis on a beaucoup appris sur le combustible, on a réussi à trouver des nouveaux matériaux qui permettaient de faire des combustibles qui tenaient beaucoup plus longtemps en durée et donc on a gagné aussi sur le cycle du combustible et le coût du cycle.

KOJIMA : On pourrait dire que les fuites sodium sont des problèmes accompagnés par RNR.

En effet, il y avait 32 fuites répertoriées chez Phénix. Vous en avez écrit dans votre livre, mais est-ce que vous pourriez m'expliquer comment vous vous en débrouillé ?

M.GUIDEZ : Pour les fuites de sodium on en a eu 32 durant la vie de Phénix. Le premier point important c'est que ce n'est pas gênant en termes de sûreté, on n'a jamais eu de problème de sûreté à cause des fuites de sodium. C'est gênant en termes de disponibilité, parce qu'à chaque fois on a été obligé d'arrêter le réacteur, de vidanger les boucles, d'aller trouver l'origine de la fuite, de la réparer. La durée de réparation dépend du mode de fuite. Si votre fuite est sur une grosse tuyauterie, il va falloir décalorifuger, il va falloir couper la tuyauterie, commander une pièce, la ressouder. Ça peut durer plusieurs mois donc c'est une perte de disponibilité importante pour la centrale. Si par contre la fuite à lieu sur une petite tuyauterie de diamètre 1 cm ou mieux sur un instrument de mesure par exemple, il suffit de changer l'instrument de mesure et on peut redémarrer très rapidement. La durée d'indisponibilité va dépendre de l'origine de la fuite.

KOJIMA : Bien sûr, et vous avez mis beaucoup d'alarmes, des milliers d'alarmes ...

M.GUIDEZ : On a mis des milliers d'alarmes dans le réacteur qui permettent de détecter. Vraiment, la détection de fuite de sodium n'est pas un problème, elle se détecte rapidement à la fois localement avec des mesures du genre mesure de résistance. Et à la fois dans l'air parce que de sodium se détecte très facilement dans l'air avec toute une série d'appareils de mesure qui sont dans les circuits secondaires. Et à Phénix on a toujours détecté rapidement les fuites, et on peut signaler qu'à, les fuites étaient détectées également très rapidement. Il y a eu double détection de la fuite au bout d'une ou deux minutes je crois. Donc le problème n'est pas la détection qui se fait bien, c'est la prise de décision qu'il faut prendre derrière rapidement.

KOJIMA : C'est l'opérateur qui prend la décision ...

M.GUIDEZ : C'est l'opérateur qui prend la décision, c'est dans ses consignes. Dès qu'il voit qu'il y a fuite de sodium, il a consigne d'arrêter le réacteur, de vidanger et puis d'appeler l'équipe de réparation.

KOJIMA : Et il y a une quarantaine d'ingénieurs qui travaillent pour Phénix ?

M.GUIDEZ : En tout, il y avait une quarantaine d'ingénieurs sur Phénix.

KOJIMA : Est ce qu'il y a un spécialiste qui traitent seulement de la fuite de sodium ou tous sont spécialistes de la fuite de sodium parmi la cinquantaine d'ingénieurs ?

M.GUIDEZ : Non, il n'y a pas de spécialiste, particulier. Ce n'est pas un problème très compliqué donc il n'y a pas de spécialité particulière. Et puis il faut retenir aussi que le nombre 32 fuites n'est pas une fatalité, beaucoup de ces fuites ont été expliquées, et on a amélioré les choses pour éviter qu'elles se reproduisent. On a eu des fuites qui ont été créées par le fail-lançage thermique, c'est à dire que dans les zones de mélange de deux flux de sodium chaud et froid, où il y avait des fluctuations de températures et depuis on a trouvé les dispositifs avec des grilles de protection qui permettent d'éviter ce genre de fissures. Ceci était appliqué

à Superphénix, qui n'a jamais eu de fuite par failançage thermique. A chaque fois qu'il y a une fuite, il y a une raison, et ses raisons ont été bien analysées à Phénix et ça permet pour les réacteurs du futur de diminuer le nombre de fuites possibles

KOJIMA : Vous avez donné les scénarios concernant les arrêts d'urgence par réactivité négative dans votre livre. Est-ce qu'il est toujours difficile de donner un scénario explicatif de ces phénomènes ?

M.GUIDEZ : Alors oui il est toujours difficile, il y a un scénario qui existe qui est expliqué dans le livre, mais on ne peut plus le démontrer par essai, puisque le réacteur est arrêté, donc il faut le démontrer par calcul et c'est très compliqué. Les calculs ne permettent pas actuellement de valider complètement ce scénario, donc je crois qu'on aura toujours du mal à démontrer que le scénario actuel est le bon scénario parce les calculs ne permettent pas à 100% de retrouver les choses

KOJIMA : C'est toujours l'expérience qui peut créer un scénario ?

M.GUIDEZ : Voilà on a un scénario il est assez clair, mais par contre le démontrer par calcul c'est très difficile, enfin, le scénario c'est une zone autour de laquelle on avait des dispositifs d'essai, et dans ces dispositifs d'essai, lorsque les assemblages qui étaient autour ... c'est très compliqué, c'est un scénario très compliqué déjà, ce qui rend difficile sa validation, mais il y avait dans ces dispositifs où on voulait faire des radios isotopes, on voulait thermaliser le fluide, c'est-à-dire qu'on mettait un produit autour du radio isotope pour que le fluide devienne un fluide à énergie plus basse, et comment dire, si les assemblages qui étaient autour sur le type de fertile qu'il y avait autour la puissance thermique était différente, et donc dans certaines cas on pouvait avoir une puissance thermique plus forte, et monter en température du sodium dans le dispositif, et on a trouvé des traces de températures à 1200 degrés, et le sodium vaporise à 900 degrés, et donc vous pouvez vaporiser dans cette zone, il y a une bulle qui pouvait sortir, et cette bulle en implosant pouvait créer une onde de choc qui faisait bouger le cœur, et qui conduisait à l'accident par réactivité négative, et le calcul de cette implosion d'une bulle de l'onde de choc, des mouvements du cœur et des conséquences sur l'électronique est extrêmes complexe, et quand on fait le calcul on peut démontrer le scénario, on peut démontrer le résultat il suffit de jouer sur les paramètres, il est impossible de faire une démonstration solide.

KOJIMA : Pour cette réactivité négative, le problème n'est pas seulement sur phénix, c'est pour tous les réacteurs à neutrons rapides ?

M.GUIDEZ : Oui ça serait mieux pour tous les réacteurs à neutrons rapides qu'on ait une explication claire, on en a eu une mais les possibilités de calcul actuelles ne permettent pas de démontrer à 100%.

KOJIMA : Est-ce que c'est la première fois que Phénix a traité le problème de réactivité négative ?

M.GUIDEZ : Oui, c'est arrivé 4 fois, et c'est à cause de ces dispositifs de fabrication radio isotopes qui est en périphérie du cœur, ce qui a provoqué une vaporisation de sodium, bulle qui implose puis un mouvement du cœur. Voilà, on a une bulle qui implose, il y a une onde de choc qui part, les assemblages s'écartent, déplacement de 3mm c'est faible, et après ils reviennent. Ces assemblages bougent en très peu de temps, en une vingtaine de milliseconde, et il y a un mouvement un peu compliqué des assembles avec l'onde de choc, et ça produit une variation de réactivité, comme ils s'écartent, la réactivité baisse, et quand ils reviennent ça revient à 0. Comme c'est un calcul, c'est difficile d'être sur du résultat.

KOJIMA : Au début du démarrage de Phénix, on n'a pas imaginé ce phénomène

M.GUIDEZ : Non.

KOJIMA : Comment avez-vous découvert ce phénomène ?

M.GUIDEZ : C'était des dispositifs d'essai de fabrication radio isotope qui ont été introduits à l'époque juste avant l'accident. La conclusion c'est qu'il ne faut pas trop mettre ce type de dispositifs dans le réacteur, c'est ça la conclusion.

KOJIMA : Ce phénomène existe toujours ?

M.GUIDEZ : Oui.

KOJIMA : Superphénix a été abandonné en 1997, quelle est l'influence de l'abandon de la France de Superphénix sur Phénix ?

M.GUIDEZ : Curieusement ça a fait redémarrer Phénix, il était prévu une campagne d'essai de transmutation, c'est de faire disparaître les actinides par combustion dans les réacteurs rapides, et cette campagne qui était prévues à Superphénix a été reportée à Phénix, et donc Phénix a du faire une révélation de sureté, pour remettre sa sureté aux normes de Superphénix, et Phénix a été redémarré pendant 6 ans pour faire cette campagne d'essai de transmutation, donc la conséquences c'est que phénix a fonctionné 6 ans de plus, donc la vie de Phénix a été prolongé.

KOJIMA : Assez ironique je pense.

M.GUIDEZ : Oui car le rôle de phénix était de lancer Superphénix.

KOJIMA : Le rôle de Phénix c'était de préparer Superphénix, mais comme il n'y a pas de Superphénix, c'est dommage.

M.GUIDEZ : Oui je suis en train d'écrire le livre sur Superphénix.

KOJIMA : Il sera publié quand ?

M.GUIDEZ : En décembre, là on est en train de relire le bon à tirer, c'est quand l'éditeur vous envoie toute la chose et on relit pour voir s'il y a des coquilles et ensuite on donne notre accord pour imprimer. C'est le même principe que pour phénix c'est par thème : les matériaux, la sureté, tout ce qu'on a appris sur Superphénix même s'il n'a fonctionné qu'une dizaine d'année

KOJIMA : Pourquoi allez-vous publier Superphénix cette année, alors que ça fait déjà vingt ans que le Superphénix s'est arrêté ...

M.GUIDEZ : Parce que personne ne l'a jamais fait ! Il n'y a eu aucun livre.

KOJIMA : C'est pour ça que vous avez décidé d'écrire dessus

M.GUIDEZ : Et oui et tous les gens qui ont travaillé sur Superphénix vont partir à la retraite, moi aussi un de ces jours, et je pense qu'on a appris tellement de chose que c'est malheureux que ça se disperse et que ça parte, donc on a ait un ivre qui est une espèce de fil d'Ariane, afin que les gens puisse travailler pour approfondir s'ils le souhaitent.

KOJIMA : Vous avez contacté Mr Schmidt ?

M.GUIDEZ : Mr Schmidt m'a envoyé sa photothèque, j'ai toutes les photos et il m'en fallait énormément, car le principe de ces livres c'est toujours de mettre des photos, sinon ce n'est pas parlant, et comme il fait 400 pages, avec une ou deux photos par page, il me fallait 400-500 photos. C'est un livre qui aura le même format, il y aura des photos qui expliquent les choses et des tests scientifiques qui donnent les résultats. Donc on aura les deux livres, Phénix et Superphénix. Et puis vous savez qu'en France là on travaille sur le projet Astrid, donc il faut bien finir sur Superphénix avant de passer à Astrid, tout le retour d'expérience sur Superphénix est utilisé pour Astrid donc c'est bien de transmettre.

KOJIMA : D'accord, le rôle de phénix est de transmettre ses travaux à Superphénix

M.GUIDEZ : Voilà, et le livre s'appellera « Superphénix, les acquis scientifiques et techniques ».

KOJIMA : Très bien, et pourquoi le CEA a décidé de lancer les travaux de rénovations de Phénix ? Quel était la grande difficulté pendant ces rénovations ?

M.GUIDEZ : Alors le CEA l'a décidé parce qu'on était autorisé à redémarrer pour une période donnée, et pour faire une campagne d'essai de transmutation, qui a été faite, une belle campagne. La difficulté c'est une peu comme si vous preniez une voiture, une 2CV, et puis vous décidez qu'il faut y mettre des airbags, des freins ABS, une cellule de sureté, et ce n'est pas évident de tout modifier pour mettre aux normes de sureté actuelles, c'est plu vieille s facile de faire ça sur une chose neuve, et à phénix ont eu le même problème, par exemple une fois que les choses sont faites c'est plus compliqué de les changer. En particulier pour les séismes par exemple, quand on vous impose une nouvelle norme de séisme, votre centrale existe, et si elle ne tient pas aux nouvelles normes de séisme c'est un peu compliqué, alors il a fallu scier des bâtiments pour les séparer, enlever des murs entiers pour les remplacer par des murs autoporteurs, faire des grands travaux antisismiques, et c'est beaucoup plus compliquer de rendre une installation déjà existante, que de prévoir sur une installation neuve. Je crois que c'est le séisme qui a posé le plus de problème, le changement de normes était compliqué à gérer. Et puis en suite il y a eu pas mal de nouvelles normes, bien séparer les circuits d'eau et de sodium, donc il fallait recréer tous les circuits, les séparations pour séparer les circuits eau et sodium, pour éviter les mélanges, et puis il a fallu faire une foule de travaux.

KOJIMA : Mais ces travaux de rénovation ont couté très cher ?

M.GUIDEZ : Oui ce sont des travaux très lourds, qui ont duré 6 ans, il a fallu changer aussi toutes les pièces qui étaient en acier 321 sur les générateurs de vapeur, c'est effectivement très coûteux. Mais cela a permis de relancer le réacteur pendant une durée donnée et d'obtenir de nouveaux résultats d'essai. Mais on a aussi beaucoup appris en faisant ces travaux car on a prouvé qu'on pouvait réparer des composants, changer des composants, on a quand même appris beaucoup de choses qui ont été réutilisables par la suite.

KOJIMA : C'est-à-dire que vous avez appris en faisant des rénovations

M.GUIDEZ : Oui c'est ça on apprend sur les possibilités de rénovations, de travaux, qui ne sont pas forcément évidentes au début. Par exemple, on a été faire de mesures de qualité de soudures en sodium au niveau du platelage, et ce n'est pas évident que l'on puisse le faire. On nous a demandé de vérifier la soudure en sodium, de supportage du cœur et par ultrasons on a réussi à aller ici et mesurer et revenir, et prouver que la soudure était en bon état. Alors ça c'est une technique qui a été mise au point pour la vérification de sûreté, et maintenant elle est utilisable pour les réacteurs rapides, on sait qu'on peut aller ausculter une soudure qui est en sodium et qui n'est pas accessible, donc il y a pas mal de techniques d'inspections en service, on aussi vidangé le sodium pour voir l'état de l'installation, et ça c'est une technique qui n'avait jamais été faite. Donc sur l'inspection en service on a permis de réutiliser des techniques qui seront réutilisables dans le futur. Maintenant on sait faire ces inspections en service sur un réacteur rapide, donc on a appris des choses.

KOJIMA : Vous étiez chef de la central Phénix de 2002 à 2008. Quelle était votre mission et comment vous l'aviez remplie ?

M.GUIDEZ : Bien ! ma mission était de redémarrer les réacteurs, alors ce n'était pas facile car le réacteur était arrêté depuis environ 6 ans, et un réacteur qui est arrêté depuis 6 ans ce n'est pas jamais facile de le redémarrer, et l'autre point c'était que le réacteur était quand même ancien, c'est un des plus vieux réacteurs de France, et on avait fait une révélation de sûreté, mais il y a des parties entières de la centrale que nous n'avions pas changé, en particulier quand on le commande, donc le réacteur a été démarré en 1973, donc ce sont des « control commandes » qui datent des années 1960, donc il n'y avait plus de pièces de rechange, donc c'était la compétence des gens qui permettaient de faire marcher ce matériel, parce qu'au niveau électronique, au niveau mesure c'étaient des appareils qu'on ne trouve pas dans le commerce, et donc mon but c'était de faire redémarrer les réacteurs et de les faire tourner correctement et en sûreté pendant a période autorisée par les autorités de sûreté. Je pense que ça s'est bien passé parce qu'on l'a redémarré, on l'a fait fonctionner avec un taux de charge correct, 60% environ, on a eu quelques petits accidents, une réaction sodium-eau, quelques fuites sodium, mais on n'a pas eu de problèmes de sûreté, pas de problèmes de sécurité. Je n'ai eu aucun mort aucun blessé, et ce n'est pas facile car on a eu 8 ans de fonctionnement avec des travaux divers et variées, en hauteur, et on n'a pas eu d'accident, et on a rempli notre mission, c'est-à-dire que toute la campagne d'essai a été faite, avec

le taux d'irradiation demandé. Donc la campagne d'irradiation a été bien faite et c'est un succès, et tout le monde a été content de ce déroulement, dans le temps et sans problèmes de sécurité et qui a bien faits sa campagne d'essai comme prévu.

KOJIMA : Très bien, et vous travaillez de 2002 à 2008, donc 6 ans je pense, est-ce que 6 ans ça vous dit quelque chose ?

M.GUIDEZ : Oui, un petit peu parce qu'on m'a demandé de venir en 2002, pour redémarrer le réacteur, donc il fallait un nouveau chef qui soit là pour le redémarrage, c'est un problème de management, et donc mn discours était « on va redémarrer », et je suis parti avant la fin 2008 car un nouveau chef est venu en 2008 car on allait arrêter en 2009, et le nouveau chef est arrivé pour préparer l'arrêt du réacteur. C'est un problème de management, il faut quelqu'un qui arrive et dise on va faire fonctionner le réacteur, et un autre qui dise on va l'arrêter en 2009 pour préparer le démantèlement.

KOJIMA : D'abord, on a fixé l'année de démantèlement 2009 ?

M.GUIDEZ : Oui, en fonction de la durée maximale imposée par la sureté, on avait un nombre de jour imposé par la sureté de fonctionnement et après ce nombre de jours on devait s'arrêter. En connaissant l'arrêt je suis parti un peu avant pour que la personne qui arrive après préparer l'arrêt.

KOJIMA : Il me semble qu'il y avait une sorte de pression car vous avez dû remplir votre mission avant cette date.

M.GUIDEZ : Oui grâce à la compétence du personnel qui a permis de réussir ce challenge, et sans ces 40 ingénieurs qui connaissaient bien les machines, qui les avaient déjà faites fonctionner, on n'aurait jamais réussi à redémarrer.

KOJIMA : Pourquoi avez-vous été choisi comme directeur de Phénix ?

M.GUIDEZ : Je connaissais bien les gens, j'avais déjà travaillé à phénix 5 ans, donc je connaissais beaucoup d'ingénieur, et puis j'avais dirigé eux réacteurs avant, donc j'ai l'habitude de diriger un réacteur, et quand vous dirigez un réacteur vous avez des responsabilités importantes, civiles et pénales, en cas d'accident vous êtes le correspondant avec le préfet, avec beaucoup de gens, donc il faut avoir l'habitude.

KOJIMA : Quelle étape vous avez couverte pour démonter Phénix jusqu'à maintenant et pendant ce temps vous avez trouvé quelques résultats que vous avez prévu avant le démantèlement ?

M.GUIDEZ : Comme je suis parti je ne m'occupe pas du démantèlement, mais ils ont eu pas mal de problèmes avec une chaîne de manutention qui marchait plus et donc le démantèlement de phénix a pris un peu de retard, on n'a pas trouvé de résultats qu'on avait pas prévu avant le démantèlement, mais on a fait un bilan de tous les matériaux qui ont eu des grands problèmes de fonctionnement et dans des zones où il y avait des contraintes, donc on appelle ça le trésor Phénix, la liste des matériaux qu'il va falloir couper et analyser pour enrichir nos connaissances, donc ça c'est une action qui est en cours, donc au fur et à mesure qu'on

démantèle, on va chercher ces matériaux et on les envoie en laboratoire pour vérifier qu'après 35 ans en sodium ils sont en bon état.

KOJIMA : Vous avez dit que le démantèlement avec du retard, quel est la principale raison de ce retard ?

M.GUIDEZ : Quand on sort les assemblages du réacteur, ils passent dans une chaîne de manutention et à l'endroit de la chaîne de manutention il y a un problème au niveau du pont, et il y a eu des problèmes sur ce pont qu'il a fallu réparer, et comme c'est une zone très active, c'est une cellule donc c'est très actif, l'accès n'est pas facile et cette réparation prend du temps.

KOJIMA : Et pour faire ça, vous avez utilisé un robot ?

M.GUIDEZ : Non, c'est une chaîne de manutention et le pont doit prendre les composants pour les transporter dans la cellule et c'est lui qui est tombé en panne. Comme c'est dans une cellule très active on ne peut pas rentrer donc il faut tenter des réparations à distance avec des bras et des matériaux spéciaux et on a perdu quelques années.

KOJIMA : Quelle est le point le plus difficile du démantèlement ?

M.GUIDEZ : Actuellement dans le monde il y a 13 réacteurs rapides sodium qui ont été démantelés, et donc on connaît bien ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas faire, et donc les techniques de démantèlement d'un réacteur rapide sont connues, il y a un certain nombre de phases à respecter. La première c'est enlever le cœur, les assemblages, les laver puis les envoyer en retraitement, après vous n'avez plus de produits fissiles, plus de produits actifs, il n'y a plus du sodium et des métaux actifs, donc deuxième phase c'est de détruire le sodium, donc au secondaire d'abord, au primaire ensuite, et pour ça il a des systèmes qu'on appelle système NOA, ce sont des systèmes qui détruisent le sodium en injectant de l'eau et en la transformant en soude. Alors cette soude peut être rejetée, neutralisée, il y a différentes techniques et cela permet de détruire le sodium, ensuite lorsque le sodium est détruits, il vous reste le secondaire et le primaire sans sodium mais avec des films de sodium qui restent dessus et ça il faut le neutraliser avec du gaz carbonique humide, vous pouvez découper facilement pour le secondaire car il n'est pas actif, mais le circuit primaire peut être un peu actif car il y a le cœur au milieu donc généralement on le remplit en eau, et après on découpe sous eau comme on fait sur un autre réacteur, donc il y a toutes ces phases de démantèlement à faire.

KOJIMA : Si l'on compare le démantèlement d'un réacteur à neutrons rapides et un réacteur normal, quelle est la différence, et la difficulté ?

M.GUIDEZ : La différence c'est que vous avez du sodium qui est là, qui vous avez intérêt à faire disparaître le plus vite possible, sinon années après années, vous devez garder du sodium liquide en le chauffant, donc vous avez intérêt à aller rapidement vers l'évacuation du cœur et de destruction du sodium, et après vous avez le temps de découper. Alors sur un réacteur à eau c'est le même problème, il faut enlever le cœur, et après vous n'avez pas de

sodium donc vous économisez la phase de destruction du sodium.

KOJIMA : Je voudrais changer le sujet et j'aimerais vous poser une petite question. Les gens qui travaillent pour le démantèlement, en raison des contaminations à la radioactivité, est-ce que ce sont des immigrés ou est-ce que ce sont des locaux ?

M.GUIDEZ : Je ne sais pas sûr car je ne m'en occupe pas actuellement, mais a priori les gens qui travaillent dans le nucléaire ont un document de suivi qui est nécessaire pour travailler dans le nucléaire. C'est donc pour éviter que quelqu'un aille travailler sur un chantier, prenne sa dose annuelle cash et aille travailler sur un autre chantier, donc il y a un suivi de toutes les personnes, une espèce de permis quel que soit le chantier. C'est impossible d'aller sur deux chantiers sans qu'il y ait de raisons. Alors des gens émigrés peuvent travailler dans le nucléaire s'ils ont des permis de travaux.

KOJIMA : Alors les immigrés peuvent travailler dans ce domaine ?

M.GUIDEZ : Oui, selon les mêmes règles.

KOJIMA : Avec la documentation contrôlée ?

M.GUIDEZ : Oui voilà, mais ce qui est important est que chaque personne soit suivie dans ses activités de l'année.

KOJIMA : A cause des contaminations à la radioactivité ?

M.GUIDEZ : Oui, pour éviter que des gens aillent travailler sur un chantier, le cachent et aille sur un deuxième, car dans ce cas-là ils pourraient cumuler des doses ce qui est interdit pas la loi.

KOJIMA : Est-ce que c'est le CEA qui contrôle cela, ou une autre agence ?

M.GUIDEZ : Pour Phénix c'est le CEA, pour Superphénix c'est EDF.

KOJIMA : D'accord. : On va passer à la première question assez personnelle. Dès votre sortie de l'Ecole Centrale de Paris, vous avez commencé à travailler au CEA Cadarache pour Superphénix. Pouvez-vous me dire pourquoi vous avez choisi cette voie de carrière ?

M.GUIDEZ : J'avais fait un stage de fin d'études dans le pétrole dans une entreprise qui s'appelait Nafta Chimie, qui se trouve à Martigues dans le sud, près de Marseille, et donc c'était un grand complexe pétrochimique, et quand j'arrivais en voiture pour travailler, à 3 kilomètres ça sentait mauvais, ça sentait le pétrole, donc j'y ai travaillé 3 mois, et le pétrole coulait partout, il y avait des fuites, et au cours de cette période il y a eu plusieurs morts. Une vanne avait explosé et les gens à côté étaient morts, et puis on m'avait dit en l'an 2000 il n'y aura plus de pétrole. A l'époque, en 1973, on disait que qu'en fonction des courbes production/consommation il n'y en aurait plus en 2000 alors pour moi c'était une énergie du passé. Pour moi, l'énergie du futur c'était le nucléaire, c'était propre, il n'y avait pas de morts, donc je suis rentré à Cadarache, et donc on m'a dit que Phénix démarrait, et ça m'a semblé une énergie d'avenir, donc je me suis lancé dans le projet Superphénix et j'ai travaillé dans le réacteur rapide, une énergie qui me semblait et qui me semble toujours une énergie d'avenir

KOJIMA : Peut-on dire que vous rêviez d'être pionniers dans ce domaine d'énergie puisque le nucléaire à ce niveau-là c'est l'énergie du futur.

M.GUIDEZ : Oui, on était pionniers puisqu'on était en avance sur les réacteurs à eau, et les statistiques montrent que si vous produisez de l'énergie avec du pétrole chaque térawatts/heure produit correspond à 20 personnes mortes ou 200 blessés. Des études ont essayé de calculer le nombre d'accidents, de morts et de problèmes pour la santé en fonction des différentes énergies. Je vous montre la présentation que j'ai faite en Turquie la semaine dernière puisque c'est intéressant d'avoir cette donnée. Donc j'ai utilisé l'existence des ressources, les rejets en opération, les déchets finaux, la surface nécessaire pour produire l'énergie, la biodiversité et puis la santé. Donc si on va directement sur la santé, on est les meilleurs car il n'y a pas de rejets chimiques, il n'y a pas de problèmes. Voici les courbes d'un article de Lancette, une revue prestigieuse, donc ici on a le nombre de morts par térawatt/heure, et on voit que le pire c'est le charbon, et le lignite, à cause des problèmes de santé, à cause des fumées, quand vous avez une ville chinoise qui marche au charbon, forcément les gens ont des problèmes de santé, des bronchites, et forcément il y a des morts. Même en Europe, on estime le nombre de morts par ces émissions de poussières, de mercure, de cadmium, etc ... à 18 000 morts et en Chine c'est encore pire. Il y a des gens qui ont fait des études, et par TW/h, le charbon et le lignite vous avez 30 morts par an, le pétrole 20 et le nucléaire rien. Pareil pour les maladies graves, charbon et lignite vous avez 300 morts par an par TW/h, alors que le nucléaire ce n'est rien.

KOJIMA : Deuxième question. En 1987, vous êtes revenu au CEA Cadarache. Est-ce que l'atmosphère de la recherche sur RNR a été changée ?

M.GUIDEZ : Oui, disons que quand je suis revenu en 1987 à Cadarache on travaillait en laboratoire de thermo-hydraulique et on a eu l'arrêt de Superphénix, donc on travaillait beaucoup pour les réacteurs du futur, l'EFR, l'European Fast Reactor, et tout ça s'est arrêté en 1998, et on a basculé sur des essais thermo-hydrauliques pour des réacteurs à eau et pour les accidents graves. Donc on a changé un peu de portage au niveau des voies de travaux. Par contre, au niveau du fonctionnement du laboratoire, le changement c'était qu'on fait moins de choses en internes CEA, et plus de choses sous-traitées à l'extérieur.

KOJIMA : Par exemple, est-ce que le nombre d'ingénieurs qui travaillent sur RNR a été diminué en 1987 ?

M.GUIDEZ : Oui, quand il y a eu l'arrêt de Superphénix en 1998, on a beaucoup diminué le nombre de personnes travaillant sur réacteur sodium, de plus de la moitié, mais de manière progressive, ce qui a tout de même résulté en une très grosse baisse, nettement plus de la moitié.

KOJIMA : C'est une époque assez dure

M.GUIDEZ : Oui, mais nous au laboratoire nous avons faits beaucoup d'essais pour Superphénix et pour l'EPR, des maquettes ... et tout ça s'est arrêté, et on s'est porté sur les

réacteurs à eau, qui avait aussi des problèmes de thermo-hydraulique, et puis sur les études d'accidents graves. On a fait beaucoup d'études sur les accidents graves qui étaient utiles pour toutes les filières.

KOJIMA : Mr. Schmidt m'a dit que ce n'était pas à cause de la technologie qu'on avait arrêté Superphénix mais toujours à cause de la politique. Vous êtes d'accord avec lui ?

M.GUIDEZ : Oui, l'arrêt de Superphénix a été dû à des raisons politiques en raison de l'opposition forte des écologistes sur ce type de réacteur. Pourquoi, et bien parce que c'est un réacteur qui annonce qu'il peut fonctionner pendant des milliers d'années avec l'uranium appauvri déjà disponible et stocké en France, donc avec ça on peut fonctionner pendant des milliers d'années, et on a plus besoin de mines d'uranium, on n'a plus besoin d'enrichir l'uranium, donc ce qui est pour nous un avantage est pour les écologistes un inconvénient puisqu'ils veulent sortir du nucléaire. Donc si vous leur dites qu'on est capable de faire un nucléaire qui est capable de fonctionner pendant des milliers d'années on devient l'ennemi à abattre. Donc les écologistes ont voulu arrêter à tout prix Superphénix. Leur stratégie est d'arrêter le nucléaire de tout façon donc d'abord Superphénix, ensuite au retraitement, car si Superphénix est arrêté ce n'est pas la peine de faire du retraitement, et s'ils avaient réussi à arrêter le retraitement, ils auraient dit et bien les réacteurs à eau vous faites des combustibles vous ne savez pas quoi en faire donc il faut aussi arrêter les réacteurs à eau, donc leurs stratégies sont d'arrêter le nucléaire. Donc ils ont réussi à faire tomber Superphénix, par contre ils n'ont pas réussi à arrêter le retraitement. Mais ils continuent à essayer. C'est vraiment un arrêt politique, sur les 11 années de fonctionnement de Superphénix, il y a eu plus de mois où le réacteur était à l'arrêt avec interdiction de fonctionner que de mois de fonctionnement.

KOJIMA : L'opinion française n'a donc pas changée ?

M.GUIDEZ Non.

KOJIMA : C'était une victoire pour les écologistes de faire arrêter Superphénix ?

M.GUIDEZ Oui, c'était une victoire car c'était le point sur lesquels les écologistes appuyaient le plus, et si Superphénix avait fonctionné de manière correcte, on aurait fait d'autres réacteurs de ce type et on aurait pendant des milliers d'années le nucléaire en France. Donc ça aurait été une horreur pour les écologistes, car les réacteurs rapides permettent notamment de fonctionner pendant des milliers d'années sans mine d'uranium mais ils permettent aussi de brûler tous les déchets donc c'est un nucléaire très propre, et aussi une horreur pour les écologistes.

KOJIMA : Troisième question, En 2002, vous êtes revenu sur Phénix avant l'arrêt définitif de la production d'électricité, alors vous connaissez toute la vie de Phénix. Vous pensez quel rôle Phénix a joué dans les sites de Marcoule ?

M.GUIDEZ Alors c'est une question compliquée car Phénix fonctionnait en dehors de Marcoule, on était accolés à Marcoule, les deux sites se touchent, il y avait une porte d'entrée,

mais quelqu'un de Marcoule ne pouvait pas entrer dans phénix, il fallait un badge spécial, un peu comme l'usine de fabrication Mox de Marcoule, elle est dans Marcoule, mais vous ne pouvez pas rentrer si vous n'êtes pas de l'usine de fabrication Millox. Donc c'était une centrale qui avait sa vie autonome et cette centrale était 80% CEA et 20% EDF, donc il y avait un comité directeur CEA/EDF qui dirigeait la centrale. Donc on n'était pas hors Marcoule, on était dans Marcoule mais on avait une certaine autonomie de fonctionnement.

KOJIMA : En effet c'est compliqué.

M.GUIDEZ C'est un réacteur ou on avait une délégation de responsabilité assez forte, et tous les déchets partaient quand même à la station d'épuration de Marcoule donc on avait des relations techniques sur ce point, et aussi pour les échanges de fluides, donc des relations techniques fortes, et puis à la fin de ma période sur phénix, j'ai chauffé le centre avec le réacteur, c'est-à-dire qu'on a prélevé de la vapeur produite à phénix et on l'a envoyée dans les tuyauteries de Marcoule pour chauffer le site de Marcoule. Donc pendant les dernières années le site de Marcoule était chauffé par le site de Phénix, donc il y avait des relations assez fortes

KOJIMA : Concernant le site de Marcoule, de la fin des années 50 au début 60, il était comme on dit le grand pionnier de l'énergie nucléaire en France, parce que c'est le premier site avec des usines de retraitement. Pourtant, au début de 1970, l'autre usine de retraitement de la Hague a été construite si bien que le site de Marcoule a été devenu un peu ancien, au moins pas à la mode. Mais Phénix était toujours pionner, donc pour le site de Marcoule l'existence de Phénix était très importante.

M.GUIDEZ Oui c'est vrai que la présence de Phénix était importante, et pour la fermeture de Phénix qui était prévu, les gens l'on un peu senti un peu comme le démantèlement de Marcoule. Donc actuellement il y a le site d'Atalante qui fonctionne et fait de la recherche mais il y a beaucoup de choses en démantèlement actuellement. Bon c'est un site qui est un petit peu vieux. C'est pour cela que le projet Astrid, si un jour il se fait à Marcoule, ça redynamiserait le site.

KOJIMA : Mais une personne d'AREVA a dit que la France considèrerait le démentiellement comme une sorte de business, est-ce que vous êtes d'accord ?

M.GUIDEZ C'est un business oui et non. Fondamentalement ce n'est pas un business car c'est une perte d'argent. Pendant 60 ans vous gagnez de l'argent, et il faut avoir fait des provisions pour les 10 ans que va durer le démantèlement, donc payer ces 10 ans, et ces provisions sont une perte d'argent. Donc c'est inclus dans le prix du KW en France, qui va à la provision pour le démantèlement, et qui va permettre de démanteler les centrales, mais dire que le démantèlement est une sorte de richesse c'est faux. Par contre quand cette somme est utilisée pour faire le démantelant effectivement cela fait travailler des industries, des gens ... et pour les gens qui travaillent oui pour eux c'est une sorte de profit, c'est un business.

KOJIMA : Il y a deux faces au démantèlement ?

M.GUIDEZ Ce n'est pas une source de création de richesse mais pour les gens qui travaillent, l'argent qui a été épargné grâce à la création de richesse avant permet de faire travailler d'autres personnes.

KOJIMA : Quatrième question, quelle est votre opinion sur les réacteurs de génération 4 ? On peut les appeler génération IV ?

M.GUIDEZ Ah, vous savez c'est un sigle inventé par les américains, qui disent bon il y a 1ère, 2^e, 3^e, 4^e génération, ils ont aussi créé le GIF (Generation 4 international Forum), et ce GIF analyse actuellement 6 types de réacteurs, et il a été fait en 2014, une analyse par l'IRSN, de l'état de maturité de ces 6 types de réacteurs, et la conclusion c'était selon eux que le seul réacteur que l'on peut construire aujourd'hui c'est le réacteurs sodium, les autres réacteurs il faudrait faire encore beaucoup de travaux ne serait-ce que pour les construire. Et il y a encore des problèmes de recherches ne serait-ce que pour les matériaux, car il n'y a pas de matériaux corrects qui permettent de résister à la corrosion du plomb par exemple, donc il présente un désavantage mais on ne sait pas les construire car on n'a pas les matériaux et on ne sait pas si un les aura un jour d'ailleurs. Et donc actuellement les réacteurs de génération 4 ce on les réacteurs sodium. Si on jour on découvre des matériaux qui permettent de faire fonctionner les réacteurs au plomb ou au sel fondu alors pourquoi pas, mais pour le moment c'est encore du rêve, alors que le sodium on sait faire.

Alors les réacteurs de génération 4 sont les plus écologiques puisqu'ils permettent de minimiser les rejets, puisque le sodium est en boucle, il n'y a rien qui sort, on n'ouvre jamais donc pas rayonnement qui sort. La dosimétrie XXX c'est la plus faible qui existe, facteur 10 par rapport aux facteurs actuels, donc niveau rayonnement c'est vraiment un réacteur qui est le moins perturbant, et il n'y pas de rejets chimiques non plus. Au niveau disponibilité d'uranium, ça permet de fonctionner pendant des milliers d'années avec de l'uranium appauvri déjà disponible, on n'est complètement autonome, pas besoin de mines d'uranium, pas besoin d'enrichissement, pas besoin de tout ça, et ça permet de brûler les déchets de manière importante, parce qu'actuellement sur les réacteurs à eau, on peut réutiliser l'uranium et le plutonium une fois mais pas deux, donc après cela devient des déchets s'il n'y a pas de rapides, alors qu'avec les rapides ces 270 tonnes qu'on produit annuellement peuvent être brûlées, et en plus si un jour on veut on peut brûler les actinides aussi, donc on minimise les déchets, au niveau écologique c'e le meilleur type de réacteur. C'est un réacteur qui n'est pas un rêve car il existe, le réacteur russe BN800 est en train de démarrer actuellement, en plus du déjà construit de 500 MW électrique sui doit être mis en sodium en janvier, tous ces réacteurs existent, on n'est pas sur un rêve comme ITER, ou les réacteurs au plomb, on est sur des choses factuelles avec un énorme retour d'expérience existant, et on sait faire.

KOJIMA : Mais en France, après l'arrêt de Phénix, vous êtes en train de créer un autre réacteur à neutrons rapides, c'est-à-dire avec sodium ?

M.GUIDEZ : Il y a un projet qui s'appelle Astrid, qui est un projet de réacteur rapide sodium, de 600 MW électrique, et ce projet est en cours d'études avec un consortium, et le Japon est très impliqué également, des accords ont été passés entre le Japon et la France.

KOJIMA : Cinquième question. Est-ce que l'accident nucléaire de Fukushima a influencé le plan nucléaire en France, surtout celui de RNR ?

M.GUIDEZ : L'incident de Fukushima c'est une perte d'eau dans le réacteur et une perte de courant électrique, d'où l'accident. Alors déjà un réacteur comme Superphénix c'est le réacteur en France qui était le mieux adapté à ce type d'accident parce que si vous perdez l'eau et bien le sodium est toujours là, et si vous perdez l'électricité ça fonctionne en conditions naturelles. Il y a des échangeurs sodium-air et vous pouvez refroidir en conditions naturelles.

Vis-à-vis de l'accident de Fukushima, les réacteurs rapides étaient les mieux conçus finalement car sans eau y'a pas de problèmes, en conditions naturelles on peut évacuer la pitance résiduelle par les échangeurs sodium-air, l'air vous avez toujours de l'air, si vous n'avez pas de courant électrique, les conditions naturelles marchent toutes seules. On n'aurait pas eu de problème avec Superphénix en cas d'incident type Fukushima, ce qui n'est pas le cas des réacteurs à eau qui ont bien l'électricité, donc ceci est le premier point.

Cela a une influence sur la conception, car on demande des niveaux d'agression externes plus élevés donc les niveaux de séisme, les températures extrêmes maximales, chaudes, froides, les tornades, tout une série d'évènements qu'ils faut prendre en compte et donc quand vous dimensionnez le réacteur et bien ça coute plus cher car il faut tenir compte d'évènements extrêmes

KOJIMA : On pourrait dire que l'accident de Fukushima n'influence pas beaucoup en France ?

M.GUIDEZ : Sur les rapides ça joue au niveau des agressions externes et sur les réacteurs à eau ça joue au niveau de la conception d'ensemble ou il faut assurer en cas de pertes d'eau et d'électricité.

KOJIMA : Et vous n'avez pas de séisme normalement en France.

M.GUIDEZ : Oui, mais les valeurs ont été majorées, le point de départ n'est pas le même, donc quand vous majorez au Japon vous arrivez plus haut que quand on majore en France, mais il faut quand même majorer et ça coute de l'argent.

KOJIMA : On pourrait dire que l'opinion humaine n'a pas changé ?

M.GUIDEZ : Non.

KOJIMA : Dernière question. Vous imaginez que le Japon peut continuer à travailler pour Monju ?

M.GUIDEZ : Alors, c'est un peu compliqué pour nous parce que moi j'ai redémarré un réacteur qui était arrêté depuis plus de 6 ans mais parce que j'avais une équipe de 40 ingénieurs qui le connaissaient et qui pouvaient le redémarrer.

Fukushima n'avait pas une équipe de gens qui ont assisté à la construction et qui savent com-

ment est fait le réacteur pour le redémarrer et c'est difficile qu'une équipe qui n'a jamais fait marcher le réacteur de le redémarrer, donc la difficulté n'est pas sur le matériel mais sur les gens, et l'arrêt étaient extrêmement long, je ne sais plus combien de temps le réacteur peut être arrêté ...

KOJIMA : Monju est arrêté depuis 1995, donc il est arrêté pendant 20 ans.

M.GUIDEZ : Oui, c'est ça 20 ans, donc on peut aussi avoir des surprises sur le matériel car il peut y avoir des corrosions, il peut y avoir des joints qui ne marchent plus ... et donc au niveau de l'électronique aussi, 20 ans après les pièces de rechange sont difficiles à trouver, donc c'est difficile à redémarrer. L'autre problème, c'est sûr durant le redémarrage, il y aura forcément un problème, une difficulté, je n'imagine pas qu'on puisse redémarrer ce réacteur de manière continue sans un problème. Ce n'est pas grave, vous avez vu dans le livre qu'il y a eu pas mal de problèmes, mais ce n'est pas grave car quand un problème arrive vous arrêtez vous le résolvez et vous redémarrez. Si on rentre dans un débat politique chaque fois qu'il y a un problème on ne pourra jamais travailler

KOJIMA : Et vous avez visité Monju peut être pour préparer les barrages de Monju ?

M.GUIDEZ : J'y ai été 4 ou 5 fois

KOJIMA : Pour préparer le barrage de Monju ?

M.GUIDEZ : Quand j'étais à phénix j'y allais tous les ans, enfin j'ai visité pas mal d'endroits dans Monju... le problème c'est que ça sera très difficile de le redémarrer, à cause du manque d'expérience du personnel, et puis le jour où il va y avoir un problème ça va aussi devenir un problème politique, et la tout le monde prend des postures, puis on ne laisse pas travailler les personnes quoi.

KOJIMA : Et vous avez dit que si on arrête un réacteur comme Monju pendant 20 ans, c'est impossible de le redémarrer parce qu'il n'y a pas les personnes qui le connaissent bien techniquement. Alors à votre avis, pourquoi le Japon n'a pas encore décidé d'arrêter Monju ? Cela devrait être seulement le problème politique ?

M.GUIDEZ : Je pense que c'est le problème politique, un problème d'honneur, le problème de montrer qu'on n'abandonne pas cette filière, je pense que c'est chercher une porte de sortie qui lui permette de garder la tête haute sur cet ensemble de travaux sur les réacteurs rapides, et je pense que les avantages du réacteur rapides à long terme sont tels que le Japon se rend bien compte que c'est utile de continuer à avoir des compétences dans le domaine.

KOJIMA : On arrête le RNR japonais Monju pendant 20 ans, alors je pense qu'on n'estime pas la qualité de niveau de RNR japonais. En 1995, ce niveau devrait être près au sommet du monde. Mais maintenant la situation est tout à fait différente et il me semble qu'il n'y a pas beaucoup d'avantage concernant la recherche de Monju.

M.GUIDEZ : De toute façon, quand vous démarrez un réacteur comme celui de Monju, qui est un réacteur prototype, vous aurez forcément des problèmes, quand vous lisez le livre Phénix, vous voyez le nombre de problèmes qu'on a eu : on a eu des problèmes sur les

pompes, sur les échangeurs, sur les ... de vapeurs ... et quand on a un problème on arrête on répare on réfléchit et on recommence, si on n'est pas dans ce cycle d'apprentissage, correction, on avance, si on est pas dans ce cycle on ne peut pas démarrer un réacteur prototype, c'est impossible de faire croire aux gens que démarrer un réacteur nouveau qui n'a jamais fonctionné et qu'il y aura zéro problèmes. Il y aura forcément des problèmes mais il faut que ces problèmes soient gérés pour qu'il n'y ait pas de problèmes de sureté. Par exemple la fuite sodium qu'il y a eu a Monju a été détecté au bout de 2 minutes, bon c'est malheureux, ils auraient vidangé le sodium à ce moment-là, et puis ils auraient nettoyé et redémarrer un mois après, par exemple. Bon là ça aurait été pendant 20 ans pour ça, pour une fuite sodium, ils en auront d'autres. Si on avait mis 20 ans à chaque fois pour redémarrer

KOJIMA : Il y avait 32 fuites de sodium voilà.

M.GUIDEZ : Je me souviens la première fois que c'était à Phénix, que j'ai visité Monju, 10 ans après la fuite, il n'y avait pas encore l'autorisation pour commencer les travaux pour réparer les conséquences de la fuite. Il faut nettoyer le sodium, mettre un tôle, mettre des mesures. Il a fallu 10 ans pour voir l'autorisation de faire des travaux de réparations, et on ne peut pas démarrer un réacteur comme ça c'est impossible.

KOJIMA : Je crois que c'est une grande différence entre le Japon et la France, mais s'il y a un accident par exemple une fuite de sodium, vous essayez de résoudre le problème tout de suite.

M.GUIDEZ : Quand j'ai eu la première fuite sodium que moi j'ai eu, c'était une fuite sodium sur une vanne sodium qui est un joint à soufflet, et donc c'est le soufflet qui fait l'étanchéité, et le soufflet a percé donc le sodium a fui et ça a fait de la fumée et on vidangé voilà tout cas, et quand j'ai vu ça j'ai du bon ben il y a combien de vannes à soufflet sur la centrale ... une trentaine, j'ai dit bon on ne redémarre pas tant qu'on a pas vérifier les 3 vannes, donc on a mis quinze jours à vérifier les trente vannes, les joints d'étanchéité et ainsi de suite, et après on a redémarré le réacteur, donc on réfléchit à la fuite après on redémarre, donc on ne peut fonctionner que comme ça sur un prototype, si à chaque fois qu'il y a quelque chose vous ne faites rien, il faut attendre .. et on attend qui ? Ce sont les gens sur place qui ont le plus de renseignements.

KOJIMA : C'est pour ça que le prototype existe je pense.

M.GUIDEZ : Exactement, et là on attend les précision des autorités de sureté ou d'après faits ou de chais pas qui mais ce sont pas eux qui sont sur place et il faut un délégation de sureté au chef de centrale, ce que j'avais a phénix, puis on travaille proprement, en sureté, et il y a des petit accidents qui arrivent toujours et puis on progresse comme ça, mais on ne peut pas travailler autrement, et si Monju redémarre un jour il aura des petits accidents, et il y aura forcément une erreur de manutention, un truc qui va tomber, donc il faut éviter cela, mais il ne faut pas dire en redémarrant, il n'y aura pas d'accidents, car s'il y a un accident qui arrive, ça va vous tomber dessus, vous voyez bin ce ne sont pas des accidents mais des pro-

blèmes de fonctionnement.

KOJIMA : L'important c'est comment traiter l'accident et apprendre de cet accident, c'est pour ça qu'on a organisé le prototype.

M.GUIDEZ : Un exemple votre maison c'est un prototype.

KOJIMA : Oui ma maison est petite et prototype.

M.GUIDEZ : Il y a quelque chose d'occidental, un jour c'est volet roulant, un jour la maison à laver, un jour c'est chauffage ou gaz, un jour c'est bon, il y a toujours quels chose en panne dans la maison, c'est pas un accident, bon il y a des pannes et vous êtes en sûreté, y'a rien qui risque de vous mettre en ... bon si le volet roulant marche as vous risquez d'avoir des cambrioleurs qui rentrent, si le chauffage au gaz marche pas faut pas qu'il explose, il faut rester en sûreté, bon en même temps il y a toujours quelque chose qui marchent pas puis bon vous réparez c'est ça l'opération, si par contre dès qu'il y a quelque chose qui marche pas ça devient un problème politique, si votre volet roulant marche pas vous dites a il faut demander au préfet, vous bon ... votre maison vous ne pourrez jamais y habiter, et votre maison c'est beaucoup plus simple qu'une centrale, donc il faut vraiment que l'exploitant puisse réparer au fur à mesure, améliorer en au fur à mesure, en sûreté, évidemment ne pas prendre de risques mais de manière parfaitement technique.

Exemple russe avec BN600, c'était un réacteur sur les deux premières années, qui n'a eu que des difficultés techniques des fuites sodium, des réactions sodium, ils ont réparé, ils ont réfléchi, ils ont remis, ils ont remis, et maintenant il tourne comme une horloge depuis vingt ans, avec des taux de charge de 80% depuis 20 ans. Et pendant 2 ans on les a laissé travailler réparer améliorer, et puis quand tout était bien au point, il y a un période où il faut laisser l'exploitant réparer, améliorer, et résoudre les problèmes sinon on ne peut pas démarrer un prototype.

KOJIMA : Vous avez parlé de l'exemple russe. Ils sont en train de construire un réacteur à neutrons rapides ?

M.GUIDEZ : Ils ont construit BN800 qui est ... attendez laissez-moi prendre la deuxième présentation que j'ai faite en Turquie sur la potentialité des réacteurs GN4, bon on connaît le format GN4, le GIF, les 6 types de réacteurs, l'analyse par le traité de sûreté, et là vous avez un réacteur BN800, en Russie, qui ne fonctionne pas encore, et qui va remplacer à long terme BN600 qui va s'arrêter un de ces jours, donc ce n'est pas un rêve ce sont des choses qui fonctionnent quoi.

KOJIMA : Comment le réacteur neutrons rapide en Chine ?

M.GUIDEZ : Ils ont un petit réacteur de recherche mais qui fonctionne très peu, qui e trouve au CIAE, à Beijing.

KOJIMA : Peut-il y avoir un contact entre la Chine et la France ?

M.GUIDEZ : J'y vais souvent, je suis invité en avril à leur congrès pour être sûr leurs réacteur 4^e génération, mais ils n'ont pas mis les gros moyens sur les réacteurs rapides, ils

manquent de moyens, ils ne sont pas assez nombreux pour faire ce qu'ils veulent.

KOJIMA : Et en Inde ?

M.GUIDEZ : Un surréacteur a été construit en 2010 et il va être en surgénératrice en 2016, c'est le PFPR, et ils vont le mettre « en sodium début de l'an prochain. Voilà pour les projets de réacteurs sodium dans le monde. Vous avez Astrid en France, y'a le BGSFR en Corée, en Chine le CFDR, au Japon il y a le JSFR qui est encore officiellement, mais on travaille beaucoup avec Astrid en ce moment, voilà pour les projets de réacteurs rapide sodium dans le monde. Pourquoi des GN4, et bien ressources sans limites, limitation des déchets.

Avec la COP21 le problème que l'on a c'est que les écologistes ne veulent pas que l'on dise que le nucléaire ne produit pas de CO₂, ce qui est assez énervant, car c'est une position dogmatique, et il faut sortir du nucléaire, et pourquoi ? Il faut ... donc si on veut éviter les problèmes climatiques importants, il faut quand même des énergies qui ne produisent pas de CO₂. Et croire qu'on va alimenter un pays uniquement avec l'éolien et le solaire c'est complètement fou, c'est impossible, c'est pour des raisons de surface, même pas de coût, et puis des raisons d'intermittence, une intermittence fait que c'est vraiment un problème sans solutions. Si on pouvait produire du courant électrique l'été, le même au garage et puis le ressortir l'hiver ce serait vraiment génial, mais le soleil l'hiver ne produit rien, et puis le vent c'est aléatoire donc ... les allemands peuvent produire 15% de leur énergie avec le vent et le soleil, ils ont une énergie installée de 90 GW, c'est-à-dire plus forte que les 60 GW du nucléaire français, et alors s'il n'y a pas de vent et pas de soleil alors il faut compenser ailleurs, et si vous avez soleil et vent alors vous avez 90 GW de disponible et vous ne savez pas quoi en faire ! C'est une fois et demie les réacteurs français, c'est inutilisable ! Et le problème n'est pas linéaire : si vous voulez, au lieu de 15%, monter à 30%, vous vous dites j'ai installé 90 GW je vais installer le double, 180 ! Au niveau financier c'est une fortune mais 180 GW, même problème ! Pas de vent pas de soleil, et bien il faut bien quelque chose pour fournir du courant, et puis brusquement vent et soleil et bien vous avez 180 GW sur le réseau, 3 fois les réacteurs français, vous arrêtez tous, vous ne savez plus quoi en faire !

Alors forcément les écologistes disent on va travailler sur le stockage, oui mais ce n'est pas pour cela qu'on va trouver ! Le stockage ça coûte extrêmement cher, c'est impossible de stocker l'énergie électrique, la seule manière de stocker c'est le barrage, mais les barrages sont saturés, enfin il n'y a plus de possibilité sur le barrage. Les batteries ce n'est même pas la peine d'y penser, c'est trop cher et puis ce n'est pas « écologique c'est du plomb, c'est du cadmium, c'est une foule de produits extrêmement toxiques, on ne sait pas sur quelle énergie ... Mais ils ne veulent pas qu'on en parle à la COP 21 donc nous on va essayer d'en parler quand même quoi

KOJIMA : Je vous remercie beaucoup pour votre participation à cette interview qui a duré de plus de deux heures.