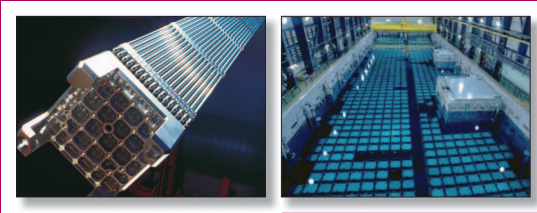


Nuclear Safety  
2012

# CSNI Technical Opinion Papers No. 15

Ageing Management of  
Nuclear Fuel Cycle Facilities





## **CSNI Technical Opinion Papers**

No. 15

### Ageing Management of Nuclear Fuel Cycle Facilities

© OECD 2012  
NEA No. 6990

NUCLEAR ENERGY AGENCY  
ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

## ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

The OECD is a unique forum where the governments of 34 democracies work together to address the economic, social and environmental challenges of globalisation. The OECD is also at the forefront of efforts to understand and to help governments respond to new developments and concerns, such as corporate governance, the information economy and the challenges of an ageing population. The Organisation provides a setting where governments can compare policy experiences, seek answers to common problems, identify good practice and work to co-ordinate domestic and international policies.

The OECD member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Chile, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Israel, Italy, Japan, Luxembourg, Mexico, the Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, the Republic of Korea, the Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The European Commission takes part in the work of the OECD.

OECD Publishing disseminates widely the results of the Organisation's statistics gathering and research on economic, social and environmental issues, as well as the conventions, guidelines and standards agreed by its members.

*This work is published on the responsibility of the OECD Secretary-General.*

## NUCLEAR ENERGY AGENCY

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) was established on 1 February 1958. Current NEA membership consists of 30 OECD member countries: Australia, Austria, Belgium, Canada, the Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, Mexico, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, the Republic of Korea, the Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The European Commission also takes part in the work of the Agency.

The mission of the NEA is:

- to assist its member countries in maintaining and further developing, through international co-operation, the scientific, technological and legal bases required for a safe, environmentally friendly and economical use of nuclear energy for peaceful purposes, as well as
- to provide authoritative assessments and to forge common understandings on key issues, as input to government decisions on nuclear energy policy and to broader OECD policy analyses in areas such as energy and sustainable development.

Specific areas of competence of the NEA include the safety and regulation of nuclear activities, radioactive waste management, radiological protection, nuclear science, economic and technical analyses of the nuclear fuel cycle, nuclear law and liability, and public information.

The NEA Data Bank provides nuclear data and computer program services for participating countries. In these and related tasks, the NEA works in close collaboration with the International Atomic Energy Agency in Vienna, with which it has a Co-operation Agreement, as well as with other international organisations in the nuclear field.

Also available in French under the title:

### **Avis techniques du CSIN n° 15 – Gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible nucléaire**

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Corrigenda to OECD publications may be found online at: [www.oecd.org/publishing/corrigenda](http://www.oecd.org/publishing/corrigenda).

© OECD 2012

You can copy, download or print OECD content for your own use, and you can include excerpts from OECD publications, databases and multimedia products in your own documents, presentations, blogs, websites and teaching materials, provided that suitable acknowledgment of the OECD as source and copyright owner is given. All requests for public or commercial use and translation rights should be submitted to [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Requests for permission to photocopy portions of this material for public or commercial use shall be addressed directly to the Copyright Clearance Center (CCC) at [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) or the Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@[cfcopies.com](mailto:cfcopies.com).

Cover photos: Nuclear fuel assembly (AREVA); wet storage of spent fuel (NEI).

## Foreword

The objective of the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) Working Group on Fuel Cycle Safety (WGFCs) is to advance the understanding for both regulators and operators of relevant aspects of fuel cycle safety in member countries.

Managing the ageing of fuel cycle facilities (FCFs), as for other nuclear installations, means ensuring the availability of required safety functions throughout their service life taking into account the changes that occur with time and use. This requires addressing both physical ageing resulting in degradation of structures, systems and components (SSCs) important to safety, and the obsolescence of SSCs, i.e. their becoming out of date with the current knowledge, standards, regulations and technology (which may result in a lack of spare equipment).

On 5-7 October 2009, the NEA/WGFCs organised a workshop on ageing management of fuel cycle facilities. This workshop brought together 40 participants from 8 countries during two and half days of exchange and discussions. During the workshop conclusions, participants pointed out the need for the WGFCs to continue working on ageing management for FCFs and to prepare a dedicated technical opinion paper.

## **Acknowledgements**

The paper has been prepared by a small task force. Pierre Nocture (AREVA, France), to whom the NEA wishes to express its particular gratitude, is the key author, assisted by Jean-Paul Daubard, Veronique Lhomme and Dominique Martineau of IRSN, France.

Further, Neil Blundell (ONR, United Kingdom); Dorothee Conte (ASN, France); Martin Dobson (Sellafield Ltd, United Kingdom); Bernhard Gmal (GRS, Germany); Thomas Hiltz (USNRC, United States) and Yoshinori Ueda (JNES, Japan) gave valuable input to various chapters of the paper and contributed significantly to the final editing work.

## Table of contents

<b>Executive summary</b> .....	7
<b>1. Introduction</b> .....	9
1.1. Safety and ageing.....	9
1.2. Fuel cycle features.....	9
1.3. Concept.....	10
1.4. Regulatory approaches.....	11
<b>2. Definitions and examples</b> .....	15
2.1. Ageing management.....	15
2.2. Technical ageing: wear-out and obsolescence.....	15
2.3. Non-technical ageing.....	17
<b>3. Ageing considerations during facility life</b> .....	19
3.1. Introduction.....	19
3.2. Ageing management programme.....	19
3.3. Technical challenges for ageing management process.....	20
3.4. Non-technical challenges.....	23
<b>4. Physical ageing – Examples of good practices</b> .....	27
<b>5. Physical ageing – Case studies</b> .....	29
5.1. Stress fatigue due to mechanical cycles or vibrations.....	29
5.2. Formation of ammonium nitrate in a gaseous effluent pipe of the Karlsruhe WAK fuel reprocessing pilot plant.....	29
5.3. Explosion of an off-gas scrubber in the scrap recovery at the SIEMENS uranium fuel element fabrication plant in Hanau.....	30
<b>6. Management of obsolescence – Examples of good practices</b> .....	31
<b>7. Obsolescence of SSCs – Case studies</b> .....	33
7.1. Criticality I&C – Tokai CAAS.....	33
7.2. I&C ageing management – The case of AREVA NC reprocessing site.....	33
<b>8. Conclusions</b> .....	35
<b>References and list of abbreviations</b> .....	37





## Executive summary

The goal of ageing management is to address in a systematic way all the time-dependent parameters that can jeopardise the FCF safety during its life. This is a proactive process implemented from the facility design until its dismantling to ensure that the appropriate measures are taken to address the wear-out mechanisms of SSCs, their obsolescence compared to the current standards, and also non-technical challenges like knowledge management. It is especially crucial for the potential life extension of the facility and for deciding of its refurbishment or its shutdown and decommissioning.

In addition to these ageing management aspects common to all nuclear facilities, the ageing management of FCFs needs to cope with specific aspects like the combined nuclear and chemical hazards, uniqueness of designs, and a long operational life with numerous evolutions/additions of equipment, processes, facilities and operation. Non-technical issues of ageing management are enhanced by the size of the facilities, often located in large and complex site, and by the specific organisations set in place at the end of operational stage to face knowledge issues and legacy situations.

FCFs are characterised by their radioactive and chemical materials, in diverse physical and chemical forms, spread in interconnected vessels and equipments. Hazards are specific to the facility (e.g. criticality and/or chemical hazards) but in a general way related to potential releases of hazardous materials out of their containment. In the frame of this document, this implies that an in-depth assessment of technical ageing mechanisms that could affect the SSCs is carried out with a special focus on the physical wear i.e. corrosion and erosion of the first barrier, and plugging and deposits within it.

FCF ageing management can be eased by a set of good practices identified by benchmark of strategies and actions to cope with physical ageing, including the degradation of process. This last aspect is of particular importance for FCFs which often use chemical processes, the safety of which relies on the ability to keep the process implemented as designed (and as assessed for getting the operating licence).

Design is a fundamental stage of the FCF ageing management programme. It is used to anticipate and reduce consequences of the SSCs alteration due, in particular, to physical ageing mechanisms, and in any case, to rigorously apply the defence in depth (DiD) concept by taking into account these mechanisms. SSCs are identified with the associated requirements on their conditions and performances. These performances have to be maintained thanks to strategies that have to be prepared at the design stage.

At the FCF design stage for instance, the prevention/limitation of mechanical degradations can be achieved by proper design margins, or design and layout to allow/ease the replacement with spare parts. Preventive, corrective or mitigation measures can be implemented by specific equipment design or operating procedures against plugging and deposits. The number of SSCs for which periodic testing or maintenance is impossible (e.g. buried SSCs or located in areas with high level of radioactivity) should be limited and compensatory indirect testing measures should be anticipated during the design in order to detect rapidly degradations due to the ageing mechanisms (e.g. by chemical analysis of a non-accessible vessel to detect corrosion, I&C to calculate the volume shipper/receiver difference after each transfer to detect the potential leak of an non-accessible piping).

During operation, the conditions encountered by the SSCs should be recorded and used as an input for defining their periodic testing and maintenance, and inspection strategy for a timely detection and mitigation of ageing effect of SSCs. Specific organisational provisions (e.g. database, document that captures information from staff) should be part of the strategy during operation with particular attention paid to minor events, especially repetitive ones, that seem trivial when they occur but may be of great importance later (e.g. minor leaks and contaminations, small modifications).

At the end of the FCF operational stage, appropriate arrangements should be made to ensure that the SSCs, especially those associated to the protection of the workers against exposure of ionising radiation (ventilation and radiation protection in particular), remain available and functional to realise the decommissioning and dismantling operations.

The design and co-ordination of ageing management programme aiming at a proactive ageing management should have a special focus on knowledge management, i.e. replacement and training, documentation management and operating experience feedback (OEF) related to ageing. These various components need to be implemented over the life of a FCF, with a specific care to anticipate the needs for the future decommissioning and dismantling operations that require operation records and knowledge capture from the previous operational stage of the FCF.

The management of obsolescence is also supported by a benchmark of good practices where recommended actions are identified and classified according to the nature of the obsolescence: changes affecting the technology (including hardware and software) that may result in issues for the maintenance of SSCs, changes of current standards and regulations or obsolescence of documentation. Management of obsolescence is of special importance for FCFs as these facilities are designed for a long operation, with a safe state that may not be achieved by a facility shutdown (e.g. storage of high active liquid wastes). As a case study, the document provides examples of ageing management of I&C.

# 1. Introduction

## 1.1. Safety and ageing

The safety of nuclear installation is based on a limited number of principles and concepts.

The concept of defence in depth (DiD) is implemented for the prevention and mitigation of accidents by the use of multiple levels of protection for all relevant safety activities, whether organisational, behavioural or equipment related. Throughout the design and the operation of the facility, DiD provides multilayer protection against anticipated operational occurrences and accident conditions, including those resulting from equipment failure or human error. Its implementation leads to the identification of structures, systems and components important to safety (SSCs) which are those barriers specifically designed and operated for preventing the occurrence of initiating events and for mitigating the consequences of an accident if prevention fails

As a consequence, one important issue of ageing management is to maintain the ability of those SSCs as long as they are necessary for the safety of the facility. This is further developed in this document in sections related to “technical challenges of ageing management”.

Non-technical aspects can also be impaired by ageing and as a consequence must be effectively implemented and maintained during the whole facility life. These “soft” aspects are regrouped within the “management of safety” concept related to facility organisation, management of resources including human resources, knowledge management and training, safety culture, quality assurance and documentation management, all matters that may be impacted by ageing and need periodic verification. This is further developed in this document in sections related to “non-technical” challenges of ageing management.

## 1.2. Fuel cycle features

Like for any other nuclear facility, the ageing management of a FCF aims at maintaining the high operational and safety levels throughout the lifetime of the facility. As such ageing management is an essential asset for achieving safety that generally gets along with production, and cost in a systematic way. Ageing management is the process to help assure the safety of the facility during its life from design to dismantling. It is of special importance for the potential life

extension of the facility linked to the decision of its refurbishment or its shutdown/decommissioning. Effective ageing management programmes can have a positive impact on hazard and risk reduction in ageing facilities as well as on new facilities due, in part, to the proper anticipation of the decommissioning step and consequential minimisation of wastes production.

When compared with other nuclear facilities like nuclear power plants, the word “FCFs” covers a very large range of nuclear facilities including the conversion of uranium, enrichment, uranium and MOX fuel fabrication, spent fuel storage, de-conversion of uranium hexafluoride, spent fuel reprocessing and associated waste and effluent management facilities (e.g. HALW vitrification), and research and development facilities. Resulting from this diversity, the implementation of ageing management policy and programmes should be sized according to the potential consequences of the nuclear and chemical hazards which are often specific (due to the uniqueness of the design).

The changes of a facility (e.g. process modification) may result in potential safety impacts on other aspects of the fuel cycle and other FCFs (that can be on another site). A review of ageing should be considered accordingly.

The objective of this document is to share good practices for ageing management of nuclear fuel cycle facilities defined above. It results from an international collaboration between regulators and their technical support organisations and operators of fuel cycle facilities considering operational and regulatory experience feedback. It is designed to provide for definitions, recommendations and good practices associated with ageing management. Some case studies are also developed to illustrate the discussion.

### **1.3. Concept**

Like any facility, FCFs experience two kinds of technical ageing:

- Physical ageing of SSCs, which results in degradation, i.e. gradual deterioration in their physical characteristics.
- Obsolescence of SSCs, i.e. their becoming out of date in comparison with current knowledge, standards and technology (that may results in a lack of spare equipment).

Evaluation of the effects of both physical ageing and obsolescence of SSCs at a FCF is a continuous process. It is re-assessed periodically in a periodic safety review or an equivalent systematic safety re-assessment programme.

FCFs are often characterised by numerous changes in their mode of operation and/or process with a strong reliance on staff that often works close to the hazardous material. In this respect, the non-technical aspects of ageing (e.g. knowledge management, documentation) need to be considered.

## 1.4. Regulatory approaches

In addition to the above SSCs physical ageing and obsolescence, the periodic safety reviews assess the cumulative effects of the facility modifications, whatever related to the process, pieces of equipment, operating procedures, facility organisation, and to operating experience or technical development in the facility or elsewhere.

### 1.4.1. In France and Japan:<sup>1</sup> periodic safety review every ten years

During periodic reviews of safety, the operator must perform an appropriate set of verification, test and control of SSCs important to safety, especially those subjected to ageing effects (“conformity examination”).

In the framework of the periodic safety reviews (PSR), the “ageing management programme” is assessed in order to determine the need for improvement. A structured and rigorous method is used to analyse, for SSCs, the adequacy of the measures (design, construction, operation, monitoring and maintenance) implemented to prevent the effects of ageing, to detect the potential alteration and curing at it.

Outcomes of the review of ageing management within the PSR shall be used:

- to determine whether the FCF or specific SSCs can be operated safely for a specified future period (e.g. the period between the current safety review and the next one) and the necessary safety improvements;
- to provide inputs for improvement of the periodic testing, control and maintenance programmes and for updating of the safety analysis, and for modifications of operating conditions or design.

### 1.4.2. UK regulatory regime and ageing management

Unlike other international regulatory regimes, the United Kingdom operates a goal setting regime for its nuclear industries and has a permissioning system that prevents an operator carrying out a task without the agreement of the regulators. Goal setting regime is where the operators of facilities are required to meet a number of safety objectives, but are allowed to utilise their own methods (processes) and equipment to achieve them.

They must however demonstrate to the regulator that these methods and equipment fulfil the requirement that they do all that is reasonably practicable to ensure the safety of the workforce and the public.

Only in the event that they demonstrate that they have done this are they given the permission to operate.

---

1. The first review shall be performed within 20 years after operation in Japan. A review shall be performed every ten years after the first review.

In the United Kingdom this is predominantly done via the issuing of a nuclear licence and subsequent to this additional permission where significant variations to the operation that were described within original licence occur.

Significant within these, is licence condition 15, which requires the licensee to hold a periodic and systematic review and reassessment of its safety case. The UK HSE sets the expectation that this is against modern standards and at a time period no more than ten years.

The exact time period for the review is set by specific individual arrangements between the HSE and the licensee against a particular facility or plant. Such arrangements can also include agreements between the regulator and the licensee of methods of how they will communicate.

Plant nearing the end of life might be expected to have much reduced time periods between reviews and potentially a plant may have a continuous review for instance where the facility cannot be shut down due to its requirement for facility safety.

These agreements currently ensure that facilities are judged against the standards of safety and reliability and technology at the time of the review. They seek to ensure that differences or gaps between the modern standard and the actual condition of the facility, people and processes are identified. They ensure that the licensee generates a plan to address these gaps and they then allow for the enforcement of the implementation of that plan by the regulator.

Targeted assessment is carried out on written safety cases and the associated PSRs. These are accompanied or followed by regular compliance inspections.

Compliance inspections confirm that:

- A licensee is applying the systems and processes set down in its safety case.
- Improvements are being implemented in line with the programme agreed with the regulator.
- The plant and people are degrading or improving in line with expectations. Degrading where the safety case predicts wear out or reductions in manpower and allows for it. Improving, where the PSR seeks additional reasonably practicable upgrading.

Should either the inspection or assessment show that the licensee is not meeting expectation then a graduated system of enforcement is entered into. This is graduated from the issuing of advice or a simple letter to a full prosecution. The nature of enforcement action is dependent on the gap between expectation and delivery and the degree of previous enforcement in the same area.

Thus ageing management is an integral part of the UK PSR process.

#### **1.4.3. In the United States of America: a continuous regulatory approach**

The US regulatory approach provides a continuum of assessment and review that ensures public health and safety throughout the period of facility operation. Facility safety is maintained, and aspects are improved, by a combination of the

ongoing NRC regulatory process, oversight of the licensing basis, license renewal, and licensee initiatives that go beyond the regulations.

The NRC carries out many regulatory activities that, when considered together, constitute a process providing ongoing assurance that the FCFs licensing bases provide an acceptable level of safety and the effects of ageing are appropriately managed. This process includes inspections (both periodic regional inspections as well as daily oversight by the resident inspectors for some facilities), audits, investigations, evaluations of operating experience, regulatory research, and regulatory actions to resolve identified issues. The NRC's activities may result in changes to the licensing basis for the facility through promulgation of new or revised regulations, acceptance of licensee commitments to modify facility designs and procedures, and the issuance of orders or confirmatory action letters. NRC and licensees consider new safety information when it becomes available and the agency also publishes the results of operating experience analysis, research, or other appropriate analyses through generic communication documents. This process continues for plants that receive a renewed license to operate beyond the original operating license.

In the early 2000s, the NRC required certain fuel cycle facilities to complete an integrated safety analysis (ISA). By requiring FCFs to complete a comprehensive and integrated analysis, the NRC sought to improve safety through a risk-informed and performance-based regulatory approach that included: (1) the identification of performance requirements for prevention of accidents or mitigation of their consequences; (2) the performance of an ISA to identify potential accidents at the facility and the items relied on for safety; (3) the implementation of measures to ensure that the items relied on for safety are available and reliable to perform their function when needed; (4) the maintenance of the safety bases, including the reporting of changes to the NRC; and (5) the allowance for licensees to make certain changes to their safety programme and facilities without prior NRC approval.

ISA means a systematic analysis to identify facility and external hazards and their potential for initiating accident sequences, the potential accident sequences, their likelihood and consequences, and the items relied on for safety. "Integrated", in this instance, means joint consideration of, and protection from, all internal and external relevant hazard (fire, criticality, drop of loads, explosion, flood, earthquake...), particularly involving radioactive or chemical material.

Licensees are required to implement "management measures". Management measures are the functions performed by the licensee, generally on a continuing basis, that are applied to items relied on for safety, to ensure the items are available and reliable to perform their functions when needed. Management measures include configuration management, maintenance, training and qualifications, procedures, audits and assessments, incident investigations, records management, and other quality assurance elements.

The ISA is a "living" document that is routinely updated and revised to reflect new information or consider facility process changes, for example. Ageing and deterioration of systems and components is considered in periodic evaluations of

potential event frequencies and may result in enhanced site programmes or “management measures”.

In addition, the current inspection and oversight process collects information about licensee performance, assesses the information for its safety significance, and provides for appropriate licensee and NRC response, including corrective and enforcement actions. NRC is currently considering a revised and enhanced fuel cycle oversight process (FCOP). The NRC staff recognises that the fuel cycle industry has matured and is identifying and correcting their own problems. This recognition is essential to enable the NRC to direct its inspection resources to fuel cycle facilities with declining safety or security performance. If approved, the goal of an enhanced FCOP is to establish a more risk-informed, performance-based oversight process that provides a more objective, predictable, repeatable, and transparent assessment of licensee performance.

As in many countries, US fuel cycle facility licensees are responsible for the safety of their facilities. This responsibility is embedded in their license and in the NRC’s regulatory infrastructure. Under the regulatory umbrella, licensees routinely assess new technologies, off-normal conditions, operating experience, and industry trends to make informed decisions about safety and process enhancements to their facilities.



## 2. Definitions and examples

### 2.1. Ageing management

Managing ageing of nuclear facility means ensuring that time has no consequence on the safety level of the facility throughout its service life.

This requires to maintain the safety functions by controlling the technical ageing of SSCs and to address also the non-technical human and organisational aspects stated in the introduction.

### 2.2. Technical ageing: wear-out and obsolescence

The table below provides a list of mechanism of technical ageing.

The initial equipment design should have anticipated the listed mechanism of physical ageing and implemented equipment or operating procedures to prevent or mitigate plugging or deposits, design and design margins to avoid or limit mechanical degradation, or design to allow or ease the replacement with spare parts.

**Table 1: Technical ageing and obsolescence: examples**

Technical ageing	
Main mechanisms of physical ageing	Examples
<b>Process degradation</b>	
Plugging	Plugging in pipes and transfer systems (steam ejectors)
Deposits	Deposits in vessels, pipes, process equipment
<b>Mechanical components</b>	
Corrosion (chemicals, hot spots), stress corrosion	Corrosion of vessels and internals, piping, welding
Irradiation	Irradiation of organic compounds (confinement tightness)
Stress fatigue due to mechanical cycles or vibrations	Fatigue of vessels and internals, piping, welding
Erosion	Erosion of hopper, chutes

<b>Mechanical components</b>	
Microbial influenced corrosion	Corrosion of service water system, heat exchangers diesel generators
Mechanical wear, fretting	Fretting of rotating equipment
Binding and wear	Of components within pumps and valves
<b>Electrical and instrumentation and control components</b>	
Insulation degradation	Degradation of cables, motor windings, transformers
Partial discharges	Discharge of batteries
Oxidation	Oxidation of relay and breaker contacts, lubricants, insulation materials associated with electrical components
<b>Civil structures</b>	
Ageing of concrete (chemical attack: carbonation. Effect on past deficiencies of construction quality and corrosion of embedded steel)	Ageing of concrete structure, creep due to high temperature during operation, moisture corrosion, chemical corrosion
Shrinkage and creep	Undue displacement and decrease of structural strength
Loss of material (scaling, cracking and spalling) due to freeze-thaw processes	Loss of concrete elements
<b>Other</b>	
Neutron absorbers	Degradation of neutron absorber for storage vessel, pits
<b>Main mechanisms of obsolescence</b>	<b>Examples</b>
Equipment including hardware	Lack of spare parts e.g. I&C Old design with impact on occupational exposure (especially during maintenance) e.g. design of glove boxes
Software	Loss of supplier support for the maintenance and modification of software e.g. out-of-date programming language
Deviations from current regulations	Regulatory changes e.g. standards related to fire safety, design basis earthquake
Process	Old process compared with more recent ones that eliminate one hazard e.g. dry conversion process versus wet process, centrifugation versus gas diffusion enrichment

### 2.3. Non-technical ageing

The table below provides a list of aspects of non-technical ageing, which should be taken into account and addressed during the facility life.

**Table 2: Non-technical ageing: examples**

<b>Non-technical ageing</b>	
<b>Management of safety</b>	
Knowledge management: documentation	Deficiencies in the data collection and record keeping related to ageing management. Loss of knowledge if not properly captured and updated on-time e.g. engineering diagram, safety justifications, operational feed-back...
Knowledge management: replacement and training...	Loss of operational know-how e.g. associated to industrial reorganisation or staff retirement
Leadership and organisation	Deficiencies of organisation in the management of ageing. Lack of integration between safety and quality systems and oversights e.g. deficiencies in operational safety from lack of communication, weak safety culture (learning process).



## 3. Ageing considerations during facility life

### 3.1. Introduction

Ageing management of a FCF comprises all the measures and provisions taken to ensure the facility safety during its whole life. This goal requires appropriate measures or provisions:

- Account of all the technical ageing mechanisms, i.e. physical ageing and obsolescence.
- Address of non-technical challenges.

Given the great diversity of FCFs, SSCs are identified based on a safety analysis. The SSCs include all the equipments specifically designed and operated for preventing the occurrence of initiating events, detecting them and for mitigating the radiological or chemical consequences of incident or accident for the workers, the public and the environment.

Ageing management of SSCs should be implemented proactively (with foresight and anticipation) throughout the whole facility life stages, i.e design, fabrication and construction, commissioning, operation (including maintenance or modification), decommissioning and dismantling.

This is commonly achieved through a dedicated “ageing management programme”, where needs and measures are identified and justified according to safety demonstrations, significant part of the safety analysis.

### 3.2. Ageing management programme

The ageing management programme starts at the design stage of the facility, when the SSCs important to safety are identified with their attached required conditions and performances. The “ageing management programme” should be operational at the start-up of the facility.

These performances have to be maintained during the ageing constraints and mechanisms, and the strategies against ageing developed during design (previous section) have to be prepared and assessed according to acceptance criteria. Their proper implementation should be verified during the fabrication/construction/commissioning stages. During operation, the conditions encountered by the SSCs are recorded and are used as an input for defining the maintenance, periodic

testing and inspection regime that provide for timely detection and mitigation of ageing effects on the SSCs.

For production facilities that have direct or indirect impact upstream and downstream facilities, the potential consequences of interaction with these related facilities have to be considered during the facility safety analysis.

### **3.3. Technical challenges for ageing management process**

#### **3.3.1. Strategy during design**

The design of a new FCF is the fundamental stage to anticipate the alteration of SSCs due in particular to physical ageing mechanisms or to reduce their consequences and, in any case, to rigorously apply the defence in depth concept by taking into account these mechanisms when defining the safety barriers.

In the FCF design:

- A rigorous and structured method should be used to address ageing issues, taking into account all the available information. In particular, feedback from relevant experience at other facilities and data from research programme concerning ageing effects is reviewed and used by designers and suppliers. If necessary, further studies or research are to be carried out to improve the knowledge of some specific ageing issues.
- All potential ageing mechanisms for passive or active SSCs, that could affect the ability to perform the safety functions, should be identified, evaluated and taken into account. Potential combined effects should be identified. This identification considers the common cause of equipment failures (i.e. the simultaneous degradation of physical barriers and redundant components) which could result in the impairment of one or more levels of protection providing the defence in depth concept.
- Consideration should be given to the use of materials with greater resistant properties to the foreseeable physical ageing effects (e.g. materials with a high resistance to corrosion by chemicals, abrasion, thermal effects, radiation embrittlement, fatigue, environment effect...). Consideration shall be given to the combined effects of several ageing mechanisms acting simultaneously.
- To ensure the capability of SSCs to perform their safety functions, appropriate safety margins shall be provided in the design to take into account relevant ageing effects and potential ageing related degradation. This is needed especially for SSCs of which periodic testing, maintenance or replacement are difficult or impossible to implement, e.g. due to high level of radioactivity. In that case extra thickness for vessel or pipe corrosion/erosion, process temperature/pressure limits and criticality control parameters have to be implemented. The definition of the margins should also take into account the possible evolutions of the facility linked to operational requirement or safety regulations.

- It should be ensured that the design of the facility comply with the defence in depth concept, by defining appropriate safety barriers to mitigate the consequences of anticipated events (e.g. drip tray below tanks, other confinement barriers around containment equipment...). In this respect, equipment redundancies, which may not be strictly justified by the safety assessment, are considered insofar as that measure often provide more flexibility for operation and ageing management.
- The SSCs design and layout should ease decontamination, periodic testing, inspections, maintenance or replacement, in order to respect the ALARA principle during personnel intervention and to minimise the waste production. Particular consideration is given to SSCs that are difficult to test, inspect, maintain or replace. In particular, specific measure (e.g. remote intervention by robot) should be anticipated to repair or replace SSCs for which human intervention is not be foreseeable.
- The number of SSCs for which periodic testing or maintenance is impossible (especially SSCs buried or located in areas with high level of radioactivity) should be limited as much as possible. Compensatory indirect testing measures should be anticipated during the design in order to detect rapidly degradation due to ageing mechanisms (e.g. chemical analysis of a non-accessible vessel to detect corrosion, I&C to measure the volume shipper/receiver difference after each transfer to detect the potential leak of a non-accessible piping).
- The operating organisation should document the “ageing management programme” and should be able to demonstrate that ageing issues have been adequately addressed at the facility design. Particular consideration should be given to the choice of the suppliers, taking into account their management system.

### **3.3.2. Strategy during fabrication/construction/commissioning**

The strategy during these stages includes:

- The provision of relevant information on factors affecting ageing management, including operational limits and service conditions, to the SSC manufacturers.
- Inspections to verify that the SSCs manufactured comply with the ageing safety features defined during design. In particular, attention should be paid to detect counterfeit of SSCs (e.g. quality of the materials with a high resistance to corrosion by chemicals used to manufacture valves or pipes). Data concerning manufacturing of SSCs, inspections, shipment and storage conditions shall be collected and documented.
- The proper management of wide technical documentation including QA records (history of the management of non-conformities, modifications, as-built drawings...) and safety justifications (records of the iteration between safety assessment and design) is established to identify the cause of ageing

issues during facility operation and to improve predictive models of ageing phenomena.

- Parameters that can influence ageing degradation shall be identified during commissioning (e.g. dose rate, concentration of chemical products, temperature), including acceptance criteria, and tracked during the facility lifetime.

### **3.3.3. Strategy during operation**

The strategy during facility operation relies on the implementation of an ageing management programme defined above.

A periodic testing programme and maintenance of SSCs shall be established and implemented, in accordance with the safety case (safety report, operational limits and conditions).

A proactive approach should be used to give priority to preventive maintenance rather than curative maintenance of SSCs.

All data available concerning the alteration of SSC by ageing phenomena, including SSC manufacturers recommendations, are used to define the programme (including frequency) of maintenance and periodic testing and the corresponding procedures.

Specific organisational provisions (e.g. database, document that captures information from staff) are part of the strategy during operation and are described in the non-technical section

Attention should be paid to SSC reliability and maintenance histories, in order to detect any discrepancy with hypothesis used in the facility safety demonstration and to properly deal with them.

All measures should be taken to ensure safe operation of the facility, including housekeeping, proper management of wastes, effluents and reagents.

The effectiveness of the ageing management and periodic testing and inspection programmes can be evaluated against the check list below which aims to understand, prevent, detect, control and/or mitigate ageing effect:

- Understanding of ageing phenomena, e.g. by predictive models of relevant ageing phenomena.
- Preventive actions to minimise and control ageing degradation, e.g. service conditions and operating practices that limit potential degradation of SSCs important to safety.
- Detection of ageing effects before failure of the structure or component (proper inspection, testing and monitoring methods) and monitoring and trending of ageing effects (condition indicators and parameters monitoring).
- Acceptance criteria against which the need for corrective action is evaluated.



- Mitigating action if a component fails to meet acceptance criteria (repair and replacement actions).
- OEF and update of predictive models.
- Quality management to collect data, record practices, update models and indicators and ensure that preventive actions are appropriate and all corrective actions are effective.

The safety of facility is to be considered continually during its whole operation life. Crucial steps for long-term operation are periodic safety review (PSR) or equivalent (see above). The PSR aims at taking into account changes in safety requirements, know-how, facility environment, OEF as well as the evolution of the facility due to modifications or ageing effects.

#### **3.3.4. Strategy during post-operational clean-out, decommissioning and dismantling**

The basic principles of ageing management are the same for a facility still in operation or after its shutdown until its dismantling (operations which can last, for certain facility, a long period of time). In this respect, the above-mentioned organisational provisions for ageing management during operation should also be implemented during the decommissioning and dismantling operations: periodic testing of SSCs, maintenance, OEF management, safe operations (housekeeping, management of waste..., periodic safety review...).

The possible alteration or failures of SSCs, due to ageing effects is to be considered in the safety analysis of the decommissioning and dismantling operations. This analysis takes into account the strategic plan for these operations (e.g. order and duration of the operations) and the corresponding safety and radiation protection of the workers. The “ageing management programme” of SSCs important to safety shall be updated accordingly and periodically until the end of their operations.

Appropriate arrangements should be made to ensure that the SSCs, especially those associated to the protection of the workers against exposure of ionising radiation (ventilation and radiation protection in particular), remain available and functional to realise the decommissioning and dismantling operations.

### **3.4. Non-technical challenges**

FCF ageing management includes non-technical aspects as organisational and human factors, data collection and record keeping, review of the management of ageing – and requires associated necessary resources (human resources, financial resources, tools and equipment, and external resources).

### **3.4.1. Management of safety**

#### *3.4.1.1. Leadership and organisation*

The comprehensive nature of ageing management requires the assignment of a specific person designated within the operating organisation to co-ordinate the ageing management implementation, collect and consider the potential lessons learnt from OEF coming from other facilities.

This may require the support outside the operating organisation:

- The participants of the operating organisation should include experts from operations, maintenance, engineering, equipment qualification, design and research and development, according to the complexity of ageing issues.
- External organisations (e.g. owners' groups and research, design and manufacturing organisations,) should be requested to provide expert services on specific topics, e.g. condition assessments, research and standards development.

The effectiveness of the FCF ageing management regarding non-technical aspects should be reviewed and assessed periodically, for example during the periodic safety reviews.

#### *3.4.1.2. Knowledge management: replacement and training*

The operating organisation should prevent for the possible loss of staff qualification, skills and know-how regarding current operations, maintenance and engineering. In this case, depending on the state of the facility:

- A list of key-functions and profiles (staff qualifications, skills, know-how) should be established and periodically reviewed.
- Recruitments of staff should be managed according to this list, according to written procedures to offset any loss.
- The adequate qualifications of staff should be maintained by training, education, tutoring or other appropriate means.
- A particular attention regarding qualifications, skills, know-how... should be paid when dealing with subcontractors.

The operating organisation should provide for training on the ageing of SSC for staff involved in operations, maintenance and engineering, to enable them to make an informed and positive contribution to the management of ageing.

The training topics shall concern particularly:

- The awareness and understanding of concepts and practices for ageing management.
- The availability and use of correct procedures, tools and materials for a given job.

- OEF both generic and specific to the facility, to learn from relevant events related to ageing.
- The use of databases on SSC reliability and maintenance history.
- The results of reviews, inspections, assessments and improvements done in the frame of the ageing management programme.

#### 3.4.1.3. Knowledge management: documentation

The documentation regarding the facility's life should be kept up to date. This requires that organisational directives are established regarding the preparation and modification of documents, the collection of data and records (database) in order to keep and make available comprehensive and accurate information on facility, regarding baseline, operation and maintenance histories.

Representatives of the operations, maintenance and engineering units should be involved in the design of the database, in order to facilitate obtaining the desired quality and quantity of ageing related data from facility operations, maintenance and engineering.

The data collected and the records kept should include all information relevant to ageing management, e.g.:

- Reference (baseline) data on the design (design specifications, manufacturer's data – e.g. expected time-life of equipments), fabrication, and construction of the plant or SSC and conditions at the beginning of the service life, including results of equipment qualification tests, commissioning tests, and mappings of environmental conditions during commissioning.
- Collection of safety reports and associated safety documentation related to the justification (safety analysis, margins).
- Data on the *operating history* of the plant (e.g. shift reports and records), design modifications, service conditions for SSC (including transient data), event reports, and data on the testing of availability and failure of SSC (e.g. emerging of ageing phenomena), results of in-service inspections and material surveillance of equipments and structures.
- Data on the *maintenance history*, including data on the monitoring of the operation condition and maintenance of components and structures, assessments of ageing related failures or significant degradation of SSC, including results of root cause analyses.
- Records of SSC ageing evaluations and condition assessments.
- Records of internal and external OEF, and research results.

Data should be entered in the database by maintenance and operations personnel, and the data entry should include an appropriate quality control mechanism. Provisions should be implemented to capture information from individuals. Particular attention should be paid to minor events, especially

repetitive ones that seem trivial when they occur but may be of great importance later (e.g. minor leaks and contaminations, small modifications).

The data stored should remain available over long period of time. In this respect, procedures should be established that will ensure that the relevant database is backed up, that the resulting data storage media are suitably handled and stored and that the relevant data storage media remain readable. Procedures should also be established regarding the updating and maintenance of the database.

#### 3.4.1.4. *Funding for ageing management*

Cost for structured and long-standing ageing management should be estimated and funded.

## 4. Physical ageing – Examples of good practices

SSCs ageing can generally be divided into 3 main categories associated with 3 different strategies:

Category	Example	Strategy
SSCs can be easily replaced		Ageing is dealt with during maintenance, preferably predictive (avoiding of equipment failure) or use periodic procedure for early detection of failure.
SSCs are not designed for being replaced	e.g. civil structures and non-accessible equipment	Ageing management programme (with identification of life limiting features).
SSCs with rapid obsolescence	e.g. I&C	Measures for securing spare parts.

The following table summarises these conditions and their effects, and suggests actions that should be considered for managing physical ageing.

Conditions	Ageing effects	Ageing management actions
<b>Degradation of process</b>	<p>Degradation of transfer systems (pipes, steam ejectors, air-lift).</p> <p>Unavailability of vessels, pipes, process equipment.</p> <p>Degradation of nuclear criticality mass safety control (estimation of deposits).</p>	<p>Ensure systematic identification of deposits, and degradation of plugging.</p> <p>Provide complete and accurate procedure of nuclear criticality safety control (mass estimation of deposits).</p> <p>Provide spare parts.</p> <p>Prepare a modification project for future replacement of SSCs.</p> <p>Provide documentation to support SSCs maintenance and replacement.</p>

Conditions	Ageing effects	Ageing management actions
<p><b>Degradation of mechanical components</b></p> <p>(corrosion, stress corrosion, irradiation, fatigue, erosion, microbial corrosion)</p>	<p>Unavailability of vessels, pipes, process equipment.</p> <p>Degradation of safety functions.</p> <p>(confinement, radiation protection, criticality, cooling, ...).</p>	<p>Ensure systematic identification of corrosion, leakage, and degradation of confinement of process equipment.</p> <p>Anticipate margins in the design (extra thickness of corrosion).</p> <p>Prepare a project of intervention for a possible repair of the equipment (robots for an intervention in inaccessible cell).</p> <p>Anticipate future replacement of important process equipment in the design (intervention cell).</p> <p>Prepare a modification project for future replacement of SSCs.</p>
<p><b>Degradation of electrical and I&amp;C components</b></p> <p>(insulation degradation, oxidation)</p>	<p>Degradation of high voltage insulator quality (aggressive environment associated with the presence of salt deposits).</p>	<p>Periodic checks.</p> <p>New design (shielding, time limitation under irradiation, remote intervention).</p>
<p><b>Degradation of civil structures</b>, ageing of concrete (chemical attack, elevated temperature, corrosion of embedded steel)</p>	<p>Degradation of concrete structure.</p>	<p>Ensure systematic identification of degradation of concrete structure.</p>

## 5. Physical ageing – Case studies

### 5.1. Stress fatigue due to mechanical cycles or vibrations

Fatigue is a phenomenon leading to fracture under repeated or fluctuating stresses having a maximum value less than the tensile strength of the material. Fatigue fractures are progressive, and grow under the action of the fluctuating stress.

Fatigue due to vibratory and cyclic thermal loads is defined as the structural degradation that can occur from repeated stress/strain cycles caused by fluctuating loads (e.g. from vibratory loads) and temperatures, giving rise to thermal loads. After repeated cyclic loading of sufficient magnitude, micro-structural damage may accumulate, leading to macroscopic crack initiation at the most vulnerable regions. Subsequent mechanical or thermal cyclic loading may lead to growth of the initiated crack. Vibration may result in component cyclic fatigue, as well as in cutting or wear. Vibration is generally induced by external equipment operation. It may also result from flow resonance or movement of pumps or valves in fluid systems. Crack initiation and growth resistance is governed by factors including stress range, mean stress, loading frequency, surface condition.

The operating experience review identified a number of examples where vibration-induced fatigue caused cracking of plant components.

One example is the incident occurred on 21 April 2005 in the Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP) in United Kingdom.

A camera inspection of a feed clarification cell revealed that 83 000 litres of dissolver solution had leaked from a broken pipe into the cell sump. Investigators determined that the dissolver solution had been leaking into the cell for many months, possibly since July 2004. It is believed the pipe, which provided feed to an accountancy vessel (tank), suffered a major break on or around 15 January 2005.

The feed pipe to the accountancy vessel failed as a result of fatigue that resulted from relative movement of the vessel and the feed pipe.

### 5.2. Formation of ammonium nitrate in a gaseous effluent pipe of the Karlsruhe WAK fuel reprocessing pilot plant

In 1994, the Karlsruhe WAK fuel reprocessing pilot plant was being dismantled. During the dismantling of the process ventilation system of the facility responsible

for U/Pu separation, a white powder deposit was discovered between the condenser and the liquid eliminator. Analyses found that the powder was made up of ammonium nitrate.

Dismantling work in these pipelines was stopped until the ammonium nitrate had been washed off by rinsing. Approximately 9 kg of the powder were removed.

This event was covered by FINAS sheet No. 64. In this sheet, it was indicated that the deposits accumulated over the years of the facility's operation (200 tonnes of fuel were processed from the plant). According to information recently provided by GRS, the formation of ammonium nitrate could be linked to the mixture of gaseous nitric acid and ammonia derived from the non-explosive decomposition of hydrazoic acid ( $\text{HN}_3$ ). This very volatile acid is generated in small quantities by the decomposition of hydrazine used in the U/Pu separation process.

### **5.3. Explosion of an off-gas scrubber in the scrap recovery at the SIEMENS uranium fuel element fabrication plant in Hanau**

On 12 December 1990, at the fuel fabrication plant for uranium fuel elements in Hanau, Germany, an explosion occurred in a scrubber. The spray scrubber for off-gas cleaning was part of the installations for uranium recycling and treatment of liquid waste streams. The lower part of the scrubber column built of steel was ripped and demolished, the bottom was thrown down and the upper part built of PVC was broken into many pieces. The housing of the loop pump was smashed into small missiles. The adjacent storage tanks, piping and switch cabinets were deformed by the pressure wave. Some storage tanks were penetrated by missiles and also the roof of the hall got some small holes. Two workers were injured, one of them severely. This event was rated 2 on the INES scale.

From the investigations conducted, it appears that the off-gas cleaning installation had to treat, during normal operation, gases or vapours of different chemical nature from different systems: nitrous gases emitted by dissolvers for recycling of uranium oxide, ammonia, organic compounds or fluorides emitted in particular by furnace for calcination of the diuranate ammonium filter cake and for drying clarification mud. This led to the presence in the scrubber tank, of an ammonium nitrate solution with parts of fluoride and organic compounds.

Due to a failure of the liquid level control, the ammonium nitrate concentration in the scrubber liquid increased because of evaporation of the liquid generating probably the formation of slurry or crystallisation. The explosion might have been initiated by the loop pump running at a too high temperature. The typical residue samples, accumulated over time, taken from several places in the scrubber wreck and in the loop contained ammonium nitrate up to 50% (weight) and about 10 % fluoride as well as about 1% nitrite. The fluoride and the uranium content as well as the organic compounds might have had a catalytic effect.



## 6. Management of obsolescence – Examples of good practices

The following table summarises conditions and their effects, and suggests actions that should be considered for managing obsolescence.

Conditions	Ageing effects	Management actions
<p><b>Changes in technology</b> (process, design standards, equipment including hardware, software)</p>	<p>Incompatibility between old and new equipment. Unavailability of suppliers. Shortage or lack of spare parts.</p>	<p>Ensure systematic identification of useful service life and anticipated obsolescence. Prepare a modification project for future replacement of obsolete SSCs. Provide spare parts for planned service life or identify alternative suppliers. Share data with other industries. Provide complete and accurate documentation to support SSCs maintenance and replacement.</p>
<p><b>Changes in management of safety</b> (documentation becoming out of date)</p>	<p>Lack of the information needed for safe operation.</p>	<p>Establish an effective integrated management system, including configuration management.</p>
<p><b>Changes in standards and regulations</b></p>	<p>Outdated knowledge of practices, standards and regulations. Deviation from current standards and regulations.</p>	<p>Ensure compliance with current standards and regulations. Consider the modification of SSCs important to safety, as required.</p>



## 7. Obsolescence of SSCs – Case studies

### 7.1. Criticality I&C – Tokai CAAS

The first criticality accident alarm system (CAAS) has been installed in the Tokai reprocessing plant (TRP) in Japan in 1973, which was an imported system. It was replaced once in 1984 with a new system which was developed in Japan. The new system had an excellent operation record without any serious trouble including any false alarm for more than 25 years. Since major parts of the system, however, have been obsolete in recent years, the system ended its life time.

On the other hand, the safety base of the TRP has not changed, and still requires CAAS as a safety function. The latest CAAS has been developed to satisfy the requirements and to solve the obsolescence issue. Its reliability and cost effectiveness have been also improved by employing the following design features.

A detector of the latest system is composed of a plastic scintillator coupled with a photomultiplier tube that is placed into a cadmium-lined polyethylene moderator, and is capable of responding to both neutron and gamma-rays in proportion to total absorbed doses of those radiations. This eliminates the necessity of a detector using fissile material. Signal interface of the new detector is compatible with the existing gamma-sensitive detector, which contributes to standardisation in the necessary maintenance programmes. Owing to the latest computation analysis method of radiation, deployment of the detectors has been optimised, which enables number of detectors to be reduced.

A function test of the detector and its signal processing unit was conducted using the pulse-type reactor TRACY, and their performance was successfully demonstrated. The latest CAAS has been in service in TRP since October 2009.

### 7.2. I&C ageing management – The case of AREVA NC reprocessing site

I&C ageing management includes physical ageing but the main issue is the obsolescence (both hardware and software).

In the frame of the La Hague projects, AREVA NC made the decision to control the means needed for the hardware production and the software upgrade, i.e. to get the ownership of systems design documents, to keep the technical expertise on basic components like operating systems and electronic circuit boards.

For reprocessing plants like other industry sectors e.g. in the energy production or aircraft construction, the long-term availability of electronic circuit boards and components is a challenging issue as the market life of electronic components is shorter than ten years.

With other major French industry AREVA built up a committee dedicated to the obsolescence of electronic components and their repair to reach the same quality level. For components not any more available on the market, a common platform was developed for reverse engineering, re-fabrication of components and their graft inside the initial and older technology environment.

Internal training has been in place since 2002 from the lessons learnt inside the facilities to maintain the knowledge and keep the control of the whole I&C architecture.

## 8. Conclusions

The importance of a rigorous and systematic management of ageing for ensuring the FCF safety is shared worldwide by the operators, the national safety authorities and their technical support organisations. This was confirmed during the October 2009 OECD/NEA workshop that identified the benefits of defining and sharing recommendations and best practices to address both technical and non-technical issues of FCF ageing.

Compared with other nuclear facilities, FCFs ageing management needs to address FCF specificities, like the nature of hazards that are commonly nuclear and chemical, the chemical processes that can also be submitted to time degradations, the uniqueness of designs, and the frequent evolutions of equipment design and/or facility operation.

This document identified a set of good practices thanks to a benchmark of strategies and good practices coping with physical ageing and obsolescence from the facility design until its decommissioning.

FCF design is the fundamental stage for anticipating the SSCs alterations and for reducing the consequences of these physical ageing. The defence in depth concept should be rigorously kept applied with a due account of these mechanisms. For new facilities, the need is highlighted to develop specific programme sized according to the facility risks and to implement it from this early stage. During the FCF operational stage, the major recommendation is to implement proactive maintenance with organisational provisions to capture and keep track of the operation and maintenance history of the facility.

The management of obsolescence is classified according to the nature of the obsolescence: changes affecting the technology (including hardware and software) that may result in issues for the maintenance of SSCs, changes of current standards and regulations or obsolescence of documentation. Management of obsolescence is of special importance for FCFs as these facilities are designed for a long operation, with a safe state that may not be achieved by a facility shutdown.



## References

- IAEA NS-R-5: “Safety of Nuclear Fuel Cycle facilities – Safety Requirements” (2008).  
 IAEA NS-G-2.12: “Ageing Management for Nuclear Power Plant” (2009).  
 IAEA SSG-10: “Ageing Management for Research Reactors” (2010).

## List of abbreviations

ALARA	As low as reasonably achievable
CAAS	Criticality accident alarm system
CSNI	Committee on the Safety of Nuclear Installations (OECD/NEA)
DiD	Defence in depth
FCF	Fuel cycle facility
FCOP	Fuel cycle oversight process
FINAS	IAEA/NEA fuel incident notification and analysis system
GRS	<i>Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit</i> (Germany)
HALW	High active liquid waste
HSE	Health and safety executive (United Kingdom)
I&C	Instrumentation and control
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	International nuclear events scale
IRSN	<i>Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire</i> (France)
ISA	Integrated safety analysis
JNES	Japan Nuclear Energy Safety Organisation

MOX	Mixed oxide fuel
NEA	Nuclear Energy Agency (OECD)
NPP	Nuclear power plant
NRC	Nuclear Regulatory Commission (United States of America)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OEF	Operating experience feedback
ONR	Office for Nuclear Regulation (United Kingdom)
PSR	Periodic safety review
QA	Quality assurance
SSCs	Structures, systems, and components important to safety
THORP	Thermal oxide reprocessing plant (United Kingdom)
TRP	Tokai reprocessing plant
WGFCs	Working Group on Fuel Cycle Safety (OECD/NEA/CSNI)



## NEA PUBLICATIONS AND INFORMATION

The full **catalogue of publications** is available online at [www.oecd-nea.org/pub](http://www.oecd-nea.org/pub).

In addition to basic information on the Agency and its work programme, the **NEA website** offers free downloads of hundreds of technical and policy-oriented reports.

An **NEA monthly electronic bulletin** is distributed free of charge to subscribers, providing updates of new results, events and publications. Sign up at [www.oecd-nea.org/bulletin/](http://www.oecd-nea.org/bulletin/).

Visit us on **Facebook** at [www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency](http://www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency) or follow us on **Twitter** @OECD\_NEA.



# CSNI Technical Opinion Papers No. 15

Managing the ageing of fuel cycle facilities (FCFs) means, as for other nuclear installations, ensuring the availability of required safety functions throughout their service life while taking into account the changes that occur with time and use. This technical opinion paper identifies a set of good practices by benchmarking strategies and good practices on coping with physical ageing and obsolescence from the facility design stage until decommissioning. It should be of particular interest to nuclear safety regulators, fuel cycle facilities operators and fuel cycle researchers.

**OECD Nuclear Energy Agency**  
12, boulevard des Îles  
92130 Issy-les-Moulineaux, France  
Tel.: +33 (0)1 45 24 10 15  
nea@oecd-nea.org [www.oecd-nea.org](http://www.oecd-nea.org)

**ISBN 978-92-64-99181-1**



Sûreté nucléaire  
2012

# Avis techniques du CSIN N° 15

Gestion du vieillissement des installations  
du cycle du combustible nucléaire





## **Avis techniques du CSIN**

N° 15

### Gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible nucléaire

© OCDE 2012  
AEN n° 6991

## ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 34 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovaquie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

*Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.*

### L'AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1<sup>er</sup> février 1958. Elle réunit actuellement 30 pays membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovaquie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Publié en anglais sous le titre :

#### **CSNI Technical Opinion Papers No. 15 – Ageing Management of Nuclear Fuel Cycle Facilities**

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : [www.oecd.org/editions/corrigenda](http://www.oecd.org/editions/corrigenda).

© OCDE 2012

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).

Photos de couverture : Assemblage de combustible nucléaire (AREVA) ; stockage par immersion de combustible usé (NEI).

## Avant-propos

Le Groupe de travail sur la sûreté du cycle du combustible (WGFCs) de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a pour mission d'approfondir des aspects pertinents de la sûreté du cycle du combustible qui intéressent tant les autorités de sûreté que les exploitants des pays membres.

La gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible, comme de toute autre installation nucléaire, consiste à garantir la disponibilité des fonctions de sûreté sur toute leur durée de vie en service compte tenu des modifications intervenues avec le temps et l'usage. Il s'agit, par conséquent, de gérer tant le vieillissement physique qui altère les structures, systèmes et composants (SSC) importants pour la sûreté que l'obsolescence de ces SSC, c'est-à-dire le fait qu'ils se périment avec l'évolution des connaissances, des normes, de la réglementation et de la technologie (situation qui peut conduire à une pénurie de pièces de rechange).

Du 5 au 7 octobre 2009, l'AEN/WGFCs a organisé un atelier consacré à la gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible. Cet atelier a réuni 40 participants de 8 pays pendant deux jours et demi pour des échanges et discussions. À la clôture de l'atelier, les participants ont fait valoir que le WGFCs devait poursuivre ses travaux sur la gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible et préparer un avis technique sur ce thème.

## Remerciements

Ce document a été rédigé en petit comité. Pierre Nocture (AREVA, France), à qui l'AEN tient à exprimer sa plus profonde gratitude, en est l'auteur principal. Il a été assisté par Jean-Paul Daubard, Véronique Lhomme et Dominique Martineau de l'IRSN, France.

Par ailleurs, Neil Blundell, ONR (Royaume-Uni), Dorothee Conte (ASN, France), Martin Dobson (Sellafield Ltd, Royaume-Uni), Bernhard Gmal (GRS, Allemagne), Thomas Hiltz (USNRC, États-Unis) et Yoshinori Ueda (JNES, Japon) ont apporté une contribution inestimable aux différents chapitres et participé activement à la rédaction finale du texte.



## Table des matières

<b>Synthèse</b> .....	7
<b>1. Introduction</b> .....	11
1.1. Sûreté et vieillissement .....	11
1.2. Caractéristiques du cycle du combustible .....	11
1.3. Concept .....	12
1.4. Approches réglementaires .....	13
<b>2. Définitions et exemples</b> .....	19
2.1. Gestion du vieillissement .....	19
2.2. Vieillesse technique : usure et obsolescence .....	19
2.3. Vieillesse non technique .....	22
<b>3. Prise en compte du vieillissement pendant la durée de vie de l'installation</b> ....	23
3.1. Introduction .....	23
3.2. Programme de gestion du vieillissement .....	23
3.3. Aspects techniques de la gestion du vieillissement .....	24
3.4. Aspects non techniques .....	28
<b>4. Vieillesse physique – Exemples de bonnes pratiques</b> .....	31
<b>5. Vieillesse physique – Études de cas</b> .....	33
5.1. Fatigue sous contrainte due à des cycles de contraintes mécaniques ou des vibrations .....	33
5.2. Formation de nitrate d'ammonium dans une tuyauterie d'effluents gazeux à l'usine pilote de retraitement du combustible WAK à Karlsruhe. ....	34
5.3. Explosion d'un système de lavage des effluents gazeux lors du recyclage des rebuts à l'usine de fabrication d'éléments combustibles à l'uranium de SIEMENS à Hanau .....	34
<b>6. Gestion de l'obsolescence – Exemples de bonnes pratiques</b> .....	37
<b>7. Obsolescence des SSC – Études de cas</b> .....	39
7.1 Systèmes d'alarme criticité de Tokai-mura .....	39
7.2. Gestion du vieillissement des contrôles-commandes – Le cas du site de retraitement d'AREVA NC .....	39
<b>8. Conclusions</b> .....	41
<b>Références et liste des abréviations</b> .....	43



## Synthèse

Gérer le vieillissement consiste à examiner de manière systématique tous les paramètres dépendant du temps qui peuvent compromettre la sûreté des installations du cycle du combustible au cours de leur vie. Il s'agit d'une démarche proactive mise en œuvre depuis la conception de l'installation jusqu'à son démantèlement afin de s'assurer que les mesures appropriées sont en place pour gérer les mécanismes de vieillissement des SSC, l'obsolescence de ces derniers du fait de l'évolution des connaissances, des normes, de la réglementation et de l'évolution de la technologie. Cette gestion du vieillissement est capitale pour la prolongation éventuelle de la durée de vie de l'installation et détermine la décision de la remettre à niveau ou, au contraire, de la fermer et de la démanteler.

Outre ces aspects, qui intéressent toutes les installations nucléaires, cette gestion du vieillissement, lorsqu'elle est appliquée aux installations du cycle du combustible, doit être adaptée à leurs spécificités ; citons notamment, la concomitance de risques nucléaires et de risques chimiques, la singularité de leur conception ainsi qu'une durée d'exploitation prolongée marquée par de multiples évolutions (ou ajouts) de matériels, de procédés, d'installations et de modes de fonctionnement. Les difficultés non techniques de la gestion du vieillissement sont accentuées par la taille des installations, souvent situées sur des sites vastes et complexes, et par les organisations spécifiques mises en place, à la fin de la période d'exploitation, pour remédier aux pertes de savoir et aux passifs historiques.

Les installations du cycle du combustible se caractérisent par la présence de substances radioactives et chimiques, sous diverses formes physiques et chimiques (dans des cuves et des équipements interconnectés notamment). Les risques sont propres à chaque installation (risque de criticité et/ou risque chimique, par exemple), mais sont, en général, liés au rejet potentiel de matières dangereuses en dehors de leur confinement. Dans le cadre du présent document, cela signifie qu'il est nécessaire d'effectuer une analyse approfondie des mécanismes techniques de vieillissement susceptibles de dégrader les SSC en se concentrant en particulier sur les phénomènes pouvant dégrader les équipements de la première barrière de confinement, telles que la corrosion et l'érosion ainsi que les colmatages et les dépôts qui se forment au cours du temps dans les équipements.

La gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible peut être facilitée si l'on adopte un ensemble de bonnes pratiques, identifiées à l'occasion de comparaisons de stratégies, ainsi qu'un ensemble de mesures destinées à régler les problèmes de vieillissement physique, y compris la dégradation des procédés. Ce dernier aspect revêt une importance particulière dans les installations du cycle

du combustible qui font souvent appel à des procédés chimiques. La sûreté de ces procédés repose en effet sur la capacité à maintenir leur fonctionnement comme conçus à l'origine (et évalués pour obtenir l'autorisation).

La conception des installations du cycle du combustible constitue une étape fondamentale d'un programme de gestion du vieillissement. Elle est l'occasion d'anticiper l'altération des SSC, due en particulier aux mécanismes de vieillissement physique, et d'en atténuer les conséquences et, dans tous les cas, d'appliquer systématiquement à ces mécanismes le concept de défense en profondeur. Les SSC sont identifiés ainsi que les exigences concernant leur état et leurs performances. Ces performances doivent être maintenues grâce à des stratégies qui auront été établies dès le stade de la conception.

Lors de la conception d'une installation du cycle du combustible, par exemple, il est possible d'éviter ou de limiter les dégradations mécaniques en prévoyant des marges satisfaisantes, ou une conception et des dispositions d'exploitation qui permettent ou facilitent le remplacement des équipements dégradés par des équipements de rechange. Contre la formation de bouchons (liés à des colmatages) ou de dépôts, il est possible de recourir à des mesures préventives ou de limitation des conséquences, en adoptant des conceptions ou des modes de fonctionnement spécifiques. En outre, il sera visé de réduire le nombre de SSC qu'il sera impossible de tester ou d'entretenir régulièrement (par exemple, les SSC enterrés ou situés dans des zones où la radioactivité est élevée), et il faudra prévoir des mesures compensatoires telles que des moyens de contrôles indirects afin de pouvoir détecter rapidement toute dégradation due aux mécanismes de vieillissement. Citons à titre d'exemple, l'analyse chimique d'une cuve inaccessible pour y détecter une éventuelle corrosion ou des systèmes de contrôle/commande permettant de détecter un écart entre le volume de solution émise et reçue après chaque transfert, pour repérer toute fuite éventuelle d'une tuyauterie inaccessible.

En phase d'exploitation, il est conseillé d'enregistrer les conditions dans lesquelles fonctionnent les SSC et d'utiliser ces informations afin de définir une stratégie de maintenance, d'essais périodiques et de suivi à appliquer pour parvenir à détecter et à limiter en temps utile les effets du vieillissement de ces SSC. Des dispositions organisationnelles spécifiques (base de données, mains courantes remplies par les opérateurs...) devront faire partie de cette stratégie sachant qu'il faut prêter une attention particulière aux événements mineurs, en particulier ceux qui sont récurrents, qui semblent insignifiants lorsqu'ils se produisent, mais qui sont susceptibles de prendre une importance considérable ultérieurement (par exemple, de petites fuites, des et contaminations, ou de légères modifications).

À la fin de la phase d'exploitation de l'installation du cycle du combustible, il conviendra de prendre des dispositions appropriées pour s'assurer que les SSC, en particulier ceux permettant la protection des travailleurs contre l'exposition aux rayonnements ionisants (ventilation et protection radiologique notamment) restent disponibles et dans un état suffisant pour permettre de réaliser les opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement.

Pour la définition et la coordination du programme de gestion proactive du vieillissement, l'accent sera mis notamment sur la gestion des connaissances,

c'est-à-dire le renouvellement et la formation du personnel, la gestion documentaire et la prise en compte du retour d'expérience. Ces diverses composantes doivent rester opérationnelles tout au long de la vie d'une installation du cycle du combustible, et l'on veillera à prévoir les impératifs des opérations futures de mise à l'arrêt et de démantèlement pour lesquelles les informations relatives à l'exploitation (relevés d'exploitation...) seront nécessaires.

La gestion de l'obsolescence s'appuie, elle aussi, sur une analyse comparative des bonnes pratiques permettant de dégager des actions recommandées et de les classer en fonction de la nature de l'obsolescence : changements apportés à la technologie (y compris les matériels et les logiciels) qui peuvent poser des problèmes pour la maintenance des SSC, modifications des normes et réglementations actuelles ou obsolescence de la documentation. La gestion de l'obsolescence est particulièrement importante dans le cas des installations du cycle du combustible qui sont conçues pour fonctionner longtemps. Le présent document donne, comme étude de cas, des exemples de gestion du vieillissement des contrôles/commandes.



# 1. Introduction

## 1.1. Sûreté et vieillissement

La sûreté d'une installation nucléaire repose sur quelques principes et concepts.

Le concept de défense en profondeur est mis en œuvre pour éviter les accidents et en limiter les conséquences en appliquant à toutes les activités importantes pour la sûreté plusieurs niveaux de protection organisationnelle, comportementale ou matérielle. Lors de la conception et de l'exploitation d'une installation, les différents niveaux de la défense en profondeur assurent une protection contre des situations accidentelles et les incidents d'exploitation, y compris celles et ceux qui pourraient résulter de la défaillance d'un matériel ou d'une erreur humaine. Sa mise en œuvre conduit à identifier les structures, systèmes et composants importants pour la sûreté (SSC) qui constituent précisément les barrières spécifiquement conçues et exploitées pour éviter la survenue d'événements initiateurs, détecter les situations anormales et limiter les conséquences d'un accident en cas d'échec des mesures de prévention.

Par conséquent, l'un des aspects importants de la gestion du vieillissement consiste à préserver la capacité de ces SSC à assurer leurs missions sur toute la durée de vie où ils sont nécessaires. Ce sujet sera développé dans le présent document dans les paragraphes relatifs aux « aspects techniques de la gestion du vieillissement ».

Certains aspects non techniques sont également susceptibles de « vieillir » et des actions devront être mises en œuvre pendant toute la durée de vie de l'installation. Ces aspects relèvent de la « gestion de la sûreté » qui recouvre l'organisation de l'installation, la gestion des ressources, y compris des ressources humaines, la gestion des connaissances et la formation, la culture de sûreté, l'assurance de la qualité et la gestion documentaire, ainsi que tous les sujets concernés susceptibles de subir les effets du vieillissement qui nécessitent d'être vérifiés périodiquement. Ce point sera développé dans les paragraphes du présent document qui traitent des aspects « non techniques » de la gestion du vieillissement.

## 1.2. Caractéristiques du cycle du combustible

Qu'il s'agisse d'une installation du cycle du combustible, ou de toute installation nucléaire, la gestion du vieillissement vise à conserver, sur toute la durée de vie de l'installation, une qualité d'exploitation et des niveaux de sûreté

très élevés. Il s'agit donc d'un atout capital pour parvenir à respecter, de manière systématique, les exigences de sûreté qui coexistent avec les exigences de production, et de gestion des coûts. Cette gestion du vieillissement est le moyen de garantir la sûreté de l'installation sur toute sa durée de vie, depuis sa conception jusqu'à son démantèlement. Elle joue un rôle déterminant dans la décision de rénover l'installation pour en prolonger la durée de vie ou, au contraire, de l'arrêter et de la démanteler. Des programmes de gestion du vieillissement efficaces contribueront à réduire les dangers et les risques dans les installations vieillissantes mais aussi dans les nouvelles, dans la mesure où cela doit permettre notamment d'anticiper correctement l'étape du démantèlement et de réduire la quantité de déchets radioactifs produits.

Comparées à d'autres installations nucléaires comme les centrales électronucléaires, les installations du cycle du combustible recouvrent une très grande diversité d'installations nucléaires comprenant notamment les usines destinées à la conversion de l'uranium, à son enrichissement, à la fabrication de combustibles U et MOX, au stockage du combustible usé, à la déconversion de l'hexafluorure d'uranium, au retraitement du combustible usé et à la gestion des déchets et effluents correspondants (par exemple, la vitrification des déchets liquides de haute activité), sans compter les établissements de recherche et développement. En raison de cette diversité, la mise en œuvre de la politique et des programmes de gestion du vieillissement doit être adaptée aux risques d'origine nucléaire et chimique souvent particuliers (du fait de la singularité de chaque conception).

Les modifications apportées à une installation (par exemple, à un procédé) peuvent avoir des effets sur la sûreté d'autres aspects et d'autres installations du cycle (éventuellement sur d'autres sites), ce qui exigera d'envisager un bilan général du vieillissement.

Le présent document a pour finalité d'échanger les bonnes pratiques applicables à la gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible nucléaire définies ci-dessus. Il est le fruit d'une collaboration internationale entre les autorités de sûreté et leurs appuis techniques et les exploitants des installations du cycle qui se sont fondés sur le retour d'expérience acquis lors de l'exploitation et de la réglementation de ces installations. Il propose des définitions, des recommandations et des bonnes pratiques relatives à la gestion du vieillissement. Des études de cas illustrent la réflexion.

### 1.3. Concept

Comme toutes les installations, celles qui sont propres au cycle du combustible connaissent deux formes de vieillissement technique :

- le vieillissement physique des SSC qui entraîne leur dégradation, à savoir une détérioration progressive de leurs caractéristiques physiques ;
- l'obsolescence des SSC, c'est-à-dire le fait qu'ils deviennent périmés par rapport aux connaissances, aux normes et à la technologie récentes (et peuvent ainsi conduire à un manque de pièces de rechange).



L'évaluation à la fois des effets du vieillissement physique et des effets de l'obsolescence des SSC est un processus permanent dans les installations du cycle. Une réévaluation périodique a lieu lors des réexamens de sûreté ou dans le cadre de programmes systématiques équivalents de réévaluation de la sûreté.

Bon nombre d'installations du cycle du combustible se caractérisent par de fréquents changements de leur mode de fonctionnement et/ou des procédés et par l'importance de la contribution du personnel qui, souvent, travaille à proximité des matières dangereuses. Il convient donc à cet égard de prendre en compte les aspects non techniques du vieillissement (par exemple, la gestion des connaissances et la documentation).

## 1.4. Approches réglementaires

Outre le vieillissement physique et l'obsolescence des SSC mentionnés ci-dessus, les réexamens périodiques de sûreté ont pour objectif d'évaluer les effets cumulés des modifications apportées à l'installation, qu'elles concernent le procédé, les matériels, les procédures d'exploitation, l'organisation en place dans l'installation, le retour d'expérience d'exploitation ou les évolutions techniques introduites dans l'installation ou ailleurs.

### 1.4.1. En France et au Japon<sup>1</sup> : réexamens périodiques de la sûreté tous les dix ans

Dans le cadre des réexamens périodiques de la sûreté, il est prévu que l'exploitant réalise un programme approprié de vérifications, d'essais et de contrôles des SSC importants pour la sûreté, notamment ceux qui sont soumis aux effets du vieillissement (« examen de conformité »).

Le réexamen périodique de sûreté est l'occasion de procéder à une évaluation du programme de gestion du vieillissement afin d'évaluer les améliorations à y apporter. On appliquera une méthode structurée et rigoureuse pour analyser, dans le cas des SSC, le bien-fondé des mesures (conception, construction, exploitation, surveillance et maintenance) mises en œuvre pour éviter les effets du vieillissement, détecter d'éventuelles altérations et y remédier.

Les résultats de ce bilan de la gestion du vieillissement effectué lors des réexamens périodiques de sûreté serviront à :

- déterminer si l'installation du cycle ou des SSC particuliers peuvent fonctionner dans des conditions sûres sur une période donnée (par exemple, la période prévue entre l'examen de sûreté en question et le suivant) et identifier les améliorations de sûreté indispensables ;
- recueillir des informations afin d'améliorer les programmes d'essais, de contrôle et de maintenance périodiques, de mettre à jour l'analyse de sûreté et de modifier les conditions d'exploitation ou la conception.

---

1. Au Japon, le premier réexamen intervient 20 ans après la mise en service. Ensuite, un nouvel examen a lieu tous les dix ans.

### 1.4.2. Régime réglementaire et gestion du vieillissement au Royaume-Uni

Contrairement aux autres régimes réglementaires internationaux, le système en vigueur au Royaume-Uni repose sur deux piliers : la définition d'objectifs pour les industries nucléaires et un système d'autorisation interdisant à un exploitant d'exécuter une tâche sans l'accord de l'autorité de sûreté.

Le premier pilier (définition des objectifs) consiste à exiger des exploitants des installations qu'ils respectent un certain nombre d'objectifs de sûreté tout en leur laissant le choix de la méthode (ou du procédé) ou encore du matériel pour y parvenir.

Les exploitants doivent toutefois démontrer à l'autorité de sûreté qu'ils font tout ce qui est raisonnablement réalisable pour garantir la sécurité des travailleurs et du public en adoptant les méthodes et matériels en question.

C'est seulement lorsqu'ils en ont fait la démonstration qu'ils sont autorisés à exploiter leur installation.

Au Royaume-Uni, les autorités délivrent à cet effet une autorisation nucléaire suivie de permis supplémentaires si l'exploitant apporte d'importants changements par rapport aux conditions d'exploitation décrites dans cette autorisation initiale.

Dans ces autorisations, une disposition est particulièrement importante, à savoir la disposition n° 15 qui exige de l'exploitant d'organiser un réexamen et un bilan périodiques et systématiques de son dossier de sûreté. Le HSE (*Health and Safety Executive*) spécifie que ce réexamen doit être effectué en fonction des normes les plus récentes et intervenir à une fréquence qui ne soit pas supérieure à dix ans.

La périodicité exacte des examens est arrêtée d'un commun accord par HSE et l'exploitant, et cela pour une installation ou un équipement particulier. Des accords peuvent être également conclus entre l'autorité de sûreté et l'exploitant pour fixer les modalités de leurs communications.

Les installations parvenant à la fin de leur durée de vie devraient voir la périodicité des réexamens augmenter fortement et, le cas échéant, faire l'objet d'un examen continu si l'on doit renoncer à les fermer parce qu'elles sont indispensables.

Ces accords garantissent actuellement que l'évaluation des installations se fait en fonction des normes de sûreté et de fiabilité et de la technologie qui existent au moment où a lieu l'examen. Ils doivent permettre d'être sûr que l'on a identifié les différences ou écarts entre les normes modernes et les conditions réelles dans lesquelles se trouvent l'installation, les personnes et les procédés. Ils sont la garantie que l'exploitant établit un plan pour combler ces écarts et permettent ensuite à l'autorité de sûreté de veiller à l'application de ce plan.

Une évaluation ciblée est effectuée sur les dossiers de sûreté écrits ainsi que les réexamens de sûreté associés. Cette procédure s'accompagne ou est suivie d'inspections de conformité régulières.

Ces inspections de conformité confirment que :

- l'exploitant utilise les systèmes et procédés décrits dans son dossier de sûreté ;
- les améliorations sont effectuées conformément au programme convenu avec l'autorité de sûreté ;
- la dégradation de l'installation et de la situation des employés ou leur amélioration sont conformes aux prévisions. Par dégradation, on entend situation dans laquelle le dossier de sûreté prévoit une usure du matériel ou des réductions de personnel et en tient compte ; par amélioration, le cas où l'examen périodique de sûreté permet de repérer des mises à niveaux supplémentaires qui sont raisonnablement réalisables.

Si l'inspection, ou l'évaluation, révèle que l'exploitant ne se comporte pas conformément aux attentes, l'autorité met en place un système gradué qui va de l'envoi d'une mise en demeure ou d'une simple lettre à une action devant les tribunaux. La nature de ces mesures dépend de l'écart entre les attentes et la réalité et de l'attitude antérieure de l'exploitant en matière de respect de ces engagements.

Par conséquent, la gestion du vieillissement fait partie intégrante du processus de réexamen périodique de la sûreté au Royaume-Uni.

#### **1.4.3. Aux États-Unis : un processus réglementaire ininterrompu**

La démarche réglementaire des États-Unis relève d'un continuum d'évaluations et d'examen permettant de protéger la santé et la sécurité du public sur toute la période d'exploitation de l'installation. La sûreté de l'installation, de même que les améliorations apportées à certains aspects, sont le résultat du processus réglementaire continu de la NRC, du contrôle du référentiel de sûreté, du renouvellement des autorisations ainsi que des initiatives de l'exploitant pour aller au-delà du simple respect de la réglementation.

La NRC mène de multiples activités réglementaires qui, ensemble, constituent un processus garantissant en permanence que les référentiels de sûreté des installations du cycle permettent d'atteindre un niveau de sûreté acceptable et que les effets du vieillissement sont gérés de manière satisfaisante. Ce processus recouvre des inspections (tant les inspections régionales périodiques que la surveillance quotidienne exercée par les inspecteurs sur place dans certaines installations), des audits, des enquêtes, des évaluations du retour d'expérience, des recherches de l'autorité de sûreté ainsi que des mesures de cette dernière pour résoudre des problèmes identifiés. Les activités de la NRC peuvent la conduire à modifier le référentiel de sûreté de l'installation par l'adoption d'une nouvelle réglementation ou la révision de la réglementation actuelle, à accepter les engagements de l'exploitant à modifier la conception de l'installation ou les procédures en place et à donner des instructions ou envoyer des lettres de confirmation d'un plan d'action convenu. La NRC et les exploitants étudient les nouvelles informations sur la sûreté au moment où elles paraissent. L'autorité de sûreté publie également, dans des documents d'information générale, les résultats des analyses du retour d'expérience, de ses recherches ou d'autres analyses

appropriées. Cette procédure vaut également pour les installations qui ont été autorisées à fonctionner au-delà de la date prévue dans l'autorisation d'exploitation d'origine.

Au début des années 2000, la NRC a exigé que certaines installations du cycle du combustible procèdent à une analyse intégrée de la sûreté (*Integrated Safety Analysis —ISA*). En imposant cette analyse complète et intégrée, la NRC cherchait à améliorer la sûreté par une approche réglementaire fondée sur les performances, avec prise en compte du risque, qui prévoyait : (1) la définition des exigences de performance permettant d'éviter les accidents ou d'en limiter les conséquences ; (2) la réalisation d'une analyse intégrée de la sûreté afin d'identifier les accidents susceptibles de se produire dans l'installation et les éléments sur lesquels repose la sûreté ; (3) la mise en œuvre de mesures pour s'assurer que les éléments sur lesquels repose la sûreté sont disponibles et suffisamment fiables pour assurer leurs fonctions lorsque nécessaire ; (4) la tenue à jour du référentiel de sûreté, avec communication à la NRC des modifications effectuées et (5) la liberté donnée à certains exploitants d'apporter des modifications à leur programme de sûreté et à leurs installations sans l'agrément préalable de la NRC.

Cette analyse de sûreté intégrée est une analyse systématique permettant d'identifier aussi bien les agressions interne et externe aux installations et leur capacité à conduire à des séquences accidentelles, les séquences accidentelles potentielles, leur probabilité et leurs conséquences ainsi que les éléments sur lesquels repose la sûreté. Dans ce cas, l'adjectif « intégrée » signifie que l'on a tenu compte simultanément de tous les risques possibles, en particulier ceux liés à la mise en œuvre de matières radioactives (incluant les risques de criticité) et aux produits chimiques aux agressions internes et externes (incendie, chute de charge, inondation, séisme...) et que l'on a pris des mesures pour s'en protéger.

Les exploitants sont tenus de mettre en œuvre des « mesures de gestion ». Cette expression recouvre les fonctions exécutées, généralement en continu par l'exploitant, pour assurer la disponibilité et la fiabilité des éléments sur lesquels repose la sûreté afin que ces derniers puissent eux-mêmes assurer leurs fonctions lorsque nécessaire. Ces mesures de gestion recouvrent l'exploitation, la maintenance, les formations et qualifications, les procédures, audits et évaluations, les études d'incidents, la gestion de la documentation d'exploitation et d'autres éléments relatifs à l'assurance de la qualité.

Cette évaluation intégrée se traduit par un document « vivant », c'est-à-dire qui est régulièrement mis à jour et révisé afin d'y introduire toute nouvelle information ou de prendre en compte les modifications des procédés d'exploitation, par exemple. Le vieillissement et la détérioration des systèmes et composants sont pris en compte dans les évaluations périodiques de la fréquence d'événements potentiels et peuvent conduire à renforcer les programmes ou « mesures de gestion » adoptés sur le site.

Par ailleurs, les inspections et contrôles actuels servent à recueillir des informations sur les performances de l'exploitant, à évaluer l'importance pour la sûreté de ces informations et permettent à l'exploitant et à la NRC de réagir de façon adaptée, y compris par des mesures correctives ou exécutoires. La NRC envisage actuellement de revoir et d'améliorer les contrôles des installations du

cycle du combustible (*Fuel Cycle Oversight Process*). Le personnel de la NRC reconnaît que les industries du cycle du combustible ont mûri et qu'elles identifient et corrigent elles-mêmes leurs problèmes aujourd'hui. Cette prise de conscience importe dans la mesure où elle permet à la NRC de cibler les moyens dont elle dispose pour inspecter les installations du cycle du combustible vers les installations dont la sûreté et la sécurité se dégradent. S'il est approuvé, cet objectif d'amélioration des contrôles des installations du cycle du combustible devrait s'appuyer sur une démarche davantage fondée sur les performances, avec prise en compte des risques, qui permettra d'évaluer les performances de l'exploitant de façon plus objective, prévisible, reproductible et transparente.

Comme dans de nombreux pays, les exploitants d'installations du cycle du combustible sont, aux États-Unis, responsables de la sûreté de leurs installations. Cette responsabilité est inscrite dans l'autorisation qui leur a été accordée ainsi que dans l'infrastructure réglementaire de la NRC. Sous la houlette de l'autorité de sûreté, les exploitants procèdent régulièrement à des évaluations des nouvelles technologies, des conditions anormales, du retour d'expérience et des tendances dans l'industrie afin de prendre des décisions éclairées concernant les améliorations à apporter à la sûreté de leurs installations et des procédés qu'ils utilisent.



## 2. Définitions et exemples

### 2.1. Gestion du vieillissement

Gérer le vieillissement d'une installation consiste à s'assurer que le temps n'a pas de conséquence sur le niveau de sûreté de l'installation pendant toute sa durée de vie.

Cela exige de préserver les fonctions de sûreté en maîtrisant le vieillissement technique des SSC et de gérer les aspects humains et organisationnels énoncés dans l'introduction qui ne relèvent pas de la technique.

### 2.2. Vieillissement technique : usure et obsolescence

On trouvera dans le tableau ci-dessous une liste des principaux mécanismes de vieillissement technique.

Ainsi, il devrait être prévu, dans la conception initiale du matériel, l'analyse des mécanismes de vieillissement physique énumérés afin que le matériel ou les procédures d'exploitation permettent d'éviter la formation de bouchons (colmatages) ou de dépôts et d'en limiter les conséquences, une conception ou des marges de conception de nature à éviter ou à limiter la dégradation mécanique ou encore une conception permettant ou facilitant le remplacement des pièces de rechange.

**Tableau 1 : Vieillessement technique : exemples**

<b>Vieillessement technique</b>	
<b>Principaux phénomènes de vieillissement physique</b>	<b>Exemples</b>
<b>Dégradation du procédé</b>	
Formation de bouchons (colmatages)	Obstruction des tuyauteries et des circuits de transfert (éjecteurs à vapeur)
Formation de dépôts	Formation de dépôts dans des cuves, des tuyauteries et des équipements de procédés
<b>Composants mécaniques</b>	
Corrosion (produits chimiques, points chauds), corrosion sous contrainte	Corrosion des cuves et des internes, des tuyauteries, des soudures
Irradiation	Irradiation de composés organiques (étanchéité du confinement)
Fatigue sous contrainte due à des cycles mécaniques ou des vibrations	Fatigue des cuves et des internes, des tuyauteries, des soudures
Érosion	Érosion des trémies et des goulottes
Bio-corrosion	Corrosion des circuits d'eau brute, des échangeurs de chaleur, des générateurs diesel
Usure mécanique, frottement	Frottement des matériels rotatifs
Grippage et usure	Composants des pompes et des vannes et soupapes
<b>Composants électriques et composants de systèmes de contrôles-commandes</b>	
Dégradation de l'isolant	Dégradation des câbles, des enroulements de moteurs électriques et des transformateurs
Décharges partielles	Décharge des batteries et accumulateurs
Oxydation	Oxydation des relais et des contacts d'organes de coupure, des lubrifiants, des matériaux isolants des composants électriques
<b>Génie civil</b>	
Vieillessement du béton (attaque chimique : carbonatation. Effet sur des défauts de construction antérieurs et sur la corrosion des aciers noyés)	Vieillessement de la structure en béton, fluage dû au fonctionnement à haute température, corrosion due à l'humidité, corrosion chimique
Retrait et fluage	Déplacement intempestif et diminution de la résistance de la structure
Perte de matériau (écaillage, fissuration et formation d'épaufrures) sous l'effet du gel-dégel	Perte d'éléments du béton
<b>Divers</b>	
Vieillessement des absorbeurs neutroniques	Dégradation de l'absorbeur neutronique dans les cuves et les puits de stockage



<b>Principaux équipements concernés par des mécanismes d'obsolescence</b>	<b>Exemples</b>
Équipement, dont matériel informatique	Pénurie de pièces de rechange, par exemple, contrôles-commandes  Ancienne conception ayant des effets sur la radioexposition professionnelle (en particulier, pendant la maintenance) : par exemple, conception des boîtes à gants
Logiciels	Perte du support assuré par le fournisseur pour la maintenance et la modification des logiciels ; par exemple, langage de programmation périmé
Écarts par rapport à la réglementation actuelle	Changements de la réglementation ; par exemple, normes de sécurité incendie, normes relatives au séisme de référence
Procédé	Procédé périmé par rapport aux plus récents procédés permettant d'améliorer la sûreté. Par exemple : procédé de conversion à sec par rapport au procédé par voie humide, enrichissement par centrifugation par rapport à enrichissement par diffusion gazeuse

### 2.3. Vieillessement non technique

Le tableau ci-dessous énumère des aspects du vieillissement non technique qui devraient être pris en compte et traités tout au long de la vie de l'installation

**Tableau 2 : Vieillessement non technique : exemples**

<b>Vieillessement non technique</b>	
<b>Gestion de la sûreté</b>	
Gestion des connaissances : documentation	Défauts dans la collecte et la conservation des données concernant la gestion du vieillissement  Perte de connaissances faute de les avoir consignées correctement et mises à jour à temps. Par exemple : diagramme de procédé, justifications de la sûreté, retour d'expérience d'exploitation...
Gestion des connaissances : renouvellement et formation du personnel	Perte de savoir-faire. Exemple : dans le cas d'une réorganisation industrielle ou de départ à la retraite du personnel
Leadership et organisation	Défauts d'organisation dans la gestion du vieillissement  Manque d'intégration entre les systèmes de gestion de la qualité et de la sécurité et les contrôles. Par exemple, déficiences de la sûreté en exploitation imputables à une absence de communication, faiblesse de la culture de sûreté (processus d'apprentissage)

## **3. Prise en compte du vieillissement pendant la durée de vie de l'installation**

### **3.1. Introduction**

La gestion du vieillissement d'une installation du cycle du combustible recouvre toutes les mesures et dispositions prises pour garantir la sûreté de cette installation pendant toute sa durée de vie. Cet objectif exige d'adopter les mesures et dispositions suivantes :

- Tenir compte de tous les mécanismes de vieillissement technique, c'est-à-dire le vieillissement physique et l'obsolescence.
- Régler les problèmes non techniques.

Étant donné la grande diversité des installations du cycle du combustible, les SSC sont identifiés à l'aide d'une étude de sûreté. Ces SSC comprennent tous les équipements spécialement conçus et exploités pour éviter que ne se produisent des événements initiateurs, et également pour détecter et limiter les conséquences radiologiques et chimiques d'incidents ou d'accidents pour les travailleurs, le public et l'environnement.

La gestion du vieillissement des SSC doit relever d'une démarche proactive (alliant prévoyance et anticipation) à toutes les étapes de la vie de l'installation – conception, fabrication et construction, mise en service, exploitation (y compris la maintenance ou les modifications), mise à l'arrêt et démantèlement.

Pour ce faire, il est courant de mettre en place un programme spécifique de gestion du vieillissement dans lequel on identifie et justifie les besoins et les mesures à prendre en fonction des démonstrations de sûreté, qui constituent une partie importante de l'étude de sûreté.

### **3.2. Programme de gestion du vieillissement**

Le programme de gestion du vieillissement est mis en place dès l'étape de conception de l'installation, au moment où l'on identifie les SSC importants pour la sûreté ainsi que leurs rôles et performances exigés. Ce programme de gestion du vieillissement se doit donc être opérationnel dès la mise en service de l'installation.

Les performances des SSC doivent être préservées malgré les phénomènes de vieillissement et l'obsolescence, et les contraintes associées, que l'on a anticipés. Les stratégies élaborées au moment de la conception pour lutter contre le vieillissement (section précédente) doivent être préparées et évaluées en fonction

de critères d'acceptation. Il faudra ensuite vérifier qu'elles ont été mises en place dans des conditions satisfaisantes, à toutes les étapes de la fabrication/construction/mise en service. Pendant l'exploitation, il sera nécessaire de consigner les conditions dans lesquelles fonctionnent les SSC, et ces informations doivent servir à définir les modalités de la maintenance, des essais périodiques et des inspections qui permettront de détecter et de limiter en temps utile les effets du vieillissement sur ces SSC.

S'agissant des établissements de production qui peuvent avoir un effet direct ou indirect sur les installations en amont ou en aval, il convient de prendre en compte, dans l'étude de sûreté, les conséquences potentielles de leurs interactions avec ces installations.

### **3.3. Aspects techniques de la gestion du vieillissement**

#### **3.3.1. Stratégie à suivre pendant la conception**

La conception d'une nouvelle installation du cycle du combustible est une étape fondamentale au cours de laquelle on peut anticiper l'altération des SSC due, en particulier, aux mécanismes de vieillissement physique ou réduire leurs conséquences et, en tout cas, appliquer de façon rigoureuse le concept de défense en profondeur en tenant compte de ces mécanismes lors de la définition des barrières de sûreté.

Pour la conception d'une installation du cycle du combustible :

- Il conviendra d'appliquer une méthode rigoureuse et structurée afin de traiter les problèmes de vieillissement en tenant compte de toutes les informations disponibles. En particulier, les concepteurs et les fournisseurs examineront et exploiteront le retour d'expérience pertinent d'autres installations ainsi que les données tirées de programmes de recherche concernant les effets du vieillissement. Si nécessaire, il faudra entreprendre de nouvelles études ou recherches afin d'approfondir certains problèmes de vieillissement particuliers.
- Il conviendra d'identifier, d'évaluer et de prendre en compte tous les mécanismes potentiels de vieillissement des SSC, actifs ou passifs, qui sont susceptibles d'entamer la capacité de ces derniers à assurer leurs fonctions de sûreté. Il faudra également identifier d'éventuels effets combinés. Pour ce faire, on tiendra compte des défaillances de cause commune des matériels (c'est-à-dire, la dégradation simultanée de barrières physiques et de composants redondants) qui pourraient compromettre un ou plusieurs niveaux de protection assurant la défense en profondeur.
- Il faudra veiller à utiliser des matériaux présentant une meilleure résistance aux effets physiques prévisibles du vieillissement (par exemple, des matériaux ayant une forte résistance à la corrosion par des produits chimiques, à l'abrasion, aux effets de la chaleur, à la fragilisation sous rayonnements, à la fatigue, aux effets environnementaux...). On tiendra compte également des effets combinés de plusieurs mécanismes de vieillissement agissant simultanément.

- Pour garantir la capacité des SSC à assurer leurs fonctions de sûreté, on prévoira des marges de sûreté suffisantes dans la conception de façon à tenir compte des effets du vieillissement et d'une dégradation potentielle liée à ce vieillissement. Ces marges sont particulièrement importantes dans le cas des SSC qu'il est difficile, voire impossible, de tester périodiquement, d'entretenir ou de remplacer, en raison, par exemple, de niveaux de radioactivité élevés. Il convient alors de prévoir des surépaisseurs s'il s'agit de prévenir la corrosion/érosion des cuves ou tuyauteries, les limites des températures et pressions de traitement et des paramètres de contrôle de la criticité. La définition des marges tiendra compte également des évolutions possibles de l'installation en fonction des exigences d'exploitation ou de la réglementation en matière de sûreté.
- Il faudra s'assurer que la conception de l'installation respecte le principe de la défense en profondeur en définissant des barrières de sûreté capables d'atténuer les conséquences des événements prévus (par exemple, des lèchefrites sous les réservoirs, des barrières de confinement supplémentaires autour des matériels de confinement...). À cet égard, la redondance des équipements, que l'étude de sûreté peut ne pas justifier, sera envisagée dans la mesure où elle apporte souvent davantage de souplesse pour l'exploitation et la gestion du vieillissement.
- La conception et la disposition des SSC doivent faciliter les opérations de décontamination, les essais périodiques, les inspections, la maintenance ou les remplacements afin que le principe ALARA puisse être respecté pendant les interventions du personnel et la production de déchets réduite au minimum. On prêtera tout particulièrement attention aux SSC difficiles à tester, inspecter, entretenir ou remplacer. Il faudra notamment prévoir des mesures spécifiques (par exemple, l'intervention à distance d'un robot) pour réparer ou remplacer les SSC lorsque l'intervention humaine est inconcevable.
- Le nombre de SSC qu'il est impossible de soumettre à des essais périodiques ou d'entretenir (en particulier, les SSC enterrés ou situés dans des zones de forte radioactivité) doit être réduit au strict minimum. Il conviendra de prévoir, au niveau de la phase de conception, des moyens de contrôle indirects compensatoires visant à déceler rapidement toute dégradation due à des phénomènes de vieillissement (par exemple, l'analyse chimique d'une cuve inaccessible afin d'en détecter la corrosion, des dispositions de mesure visant à repérer toute fuite potentielle d'une tuyauterie inaccessible).
- L'organisation de l'exploitant doit prévoir de documenter le « programme de gestion du vieillissement » et être à même de prouver qu'elle a pris les mesures nécessaires pour régler les problèmes de vieillissement au moment de la conception de l'installation. On veillera tout particulièrement à bien choisir les fournisseurs en fonction de leurs propres systèmes de gestion.

### **3.3.2. Stratégie à suivre au cours des phases de fabrication, de construction et de mise en service**

Au cours de ces trois étapes, la stratégie comprendra :

- La fourniture aux fabricants des SSC d'informations pertinentes sur les facteurs liés à la gestion du vieillissement et notamment les limites de fonctionnement et les conditions de service.
- Des inspections destinées à vérifier que les SSC fabriqués sont conformes aux caractéristiques de sûreté définies pendant la conception en fonction du vieillissement. En particulier, on veillera à repérer les SSC de contrefaçon (par exemple, qualité des matériaux très résistants à la corrosion chimique utilisés pour fabriquer les soupapes ou les tuyauteries). Les données concernant la fabrication des SSC, les inspections, leurs conditions de transport et de stockage seront recueillies et documentées.
- La mise en place d'une gestion correcte d'une vaste documentation technique comprenant des enregistrements ayant trait à l'assurance de la qualité (historique de la gestion des non-conformités, modifications, plans de récolement, etc.) et des justifications de la sûreté (journal des allers-retours entre l'étude de sûreté et la conception) afin d'identifier la cause des problèmes de vieillissement au cours de l'exploitation de l'installation et d'améliorer les modèles prédictifs des phénomènes de vieillissement.
- Les paramètres susceptibles d'influer sur la dégradation due au vieillissement doivent être identifiés au moment où l'installation est mise en service (par exemple, le débit de dose, la concentration de produits chimiques, la température), avec les critères d'acceptation correspondants, puis suivis sur toute la durée de vie de l'installation.

### **3.3.3. Stratégie à suivre pendant l'exploitation**

La stratégie à suivre pendant l'exploitation repose sur la mise en œuvre d'un programme de gestion du vieillissement tel que défini ci-dessus.

Un programme d'essais périodiques et de maintenance des SSC sera établi et mis en œuvre conformément au dossier de sûreté (rapport de sûreté, limites et conditions de fonctionnement).

Il conviendra d'adopter une démarche proactive de façon à privilégier la maintenance préventive plutôt que la maintenance corrective des SSC.

On exploitera toutes les données disponibles concernant l'altération des SSC par des phénomènes de vieillissement, notamment les recommandations des fabricants de ces SSC, pour définir les programmes de maintenance (y compris leur fréquence) ainsi que les essais périodiques, avec les procédures à suivre.

Certaines dispositions organisationnelles (bases de données, mains courantes remplies par les opérateurs, par exemple) font partie intégrante de cette stratégie et seront décrites dans la partie non technique du présent document.

Il conviendra de prêter une attention particulière à l'historique de la fiabilité et de la maintenance des SSC afin d'y relever tout écart par rapport aux hypothèses

utilisées dans la démonstration de la sûreté de l'installation et d'y remédier comme il convient.

Il faudra prendre toutes les mesures nécessaires pour garantir une exploitation sûre de l'installation, sans oublier la propreté industrielle et une bonne gestion des déchets, des effluents et des réactifs.

Pour juger de l'efficacité des programmes de gestion du vieillissement, d'essais et d'inspections périodiques, on pourra se servir de la liste de vérifications ci-dessous qui doit permettre de comprendre, d'éviter, de détecter, de maîtriser et/ou de limiter les effets du vieillissement :

- Compréhension des phénomènes de vieillissement, par exemple à l'aide de modèles prédictifs des phénomènes pertinents de vieillissement.
- Actions préventives destinées à limiter et à maîtriser la dégradation due au vieillissement, par exemple adoption de conditions de service et pratiques d'exploitation limitant la dégradation éventuelle des SSC importants pour la sûreté.
- Détection des effets du vieillissement avant la défaillance de la structure ou du composant (à l'aide de méthodes adaptées d'essai, d'inspection et de surveillance), surveillance et prévision de l'évolution des effets du vieillissement (surveillance d'indicateurs et de paramètres décrivant l'état du composant).
- Critères d'acceptation permettant d'évaluer la nécessité d'entreprendre une action corrective.
- Mesures prises lorsqu'un composant ne respecte pas les critères d'acceptation (réparation ou remplacement).
- Retour d'expérience et mise à jour des modèles prédictifs.
- Gestion de la qualité afin de recueillir des données, d'enregistrer des pratiques, de mettre à jour les modèles et indicateurs et de s'assurer que les mesures préventives sont adaptées et que toutes les mesures correctives sont efficaces.

La sûreté de l'installation doit être en permanence au cœur des préoccupations sur toute sa durée de vie. Pour la poursuite de l'exploitation de l'installation, les étapes essentielles sont les réexamens périodiques de sûreté ou des bilans équivalents (voir ci-dessus). Ces réexamens de la sûreté ont pour finalité de tenir compte des évolutions des exigences de sûreté, du savoir-faire, de l'environnement de l'installation, du retour d'expérience d'exploitation ainsi que de l'évolution de l'installation elle-même en raison des modifications effectuées ou du vieillissement.

#### **3.3.4. Stratégie à adopter pendant les opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement**

La gestion du vieillissement obéit aux mêmes principes fondamentaux, que l'installation soit toujours en exploitation ou arrêtée avant son démantèlement (dans certaines installations, ces opérations peuvent durer très longtemps). À cet

égard, les dispositions organisationnelles préconisées ci-dessus pour la gestion du vieillissement pendant l'exploitation s'appliquent également aux opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement (essais périodiques des SSC, maintenance, gestion du retour d'expérience, propreté industrielle, gestion des déchets, réexamen périodique de sûreté...).

Il convient de considérer, dans l'analyse de sûreté des opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement, l'altération ou les défaillances possibles des SSC dues aux effets du vieillissement. Cette analyse tient compte du plan stratégique établi pour ces opérations (par exemple, l'ordre et la durée des opérations) ainsi que de la sûreté et de la protection radiologique des travailleurs. Le programme de gestion du vieillissement des SSC importants pour la sûreté sera mis à jour en conséquence périodiquement jusqu'à la fin de ces opérations.

Il conviendra de prendre des dispositions appropriées pour s'assurer que les SSC, en particulier ceux qui sont liés à la protection des travailleurs contre l'exposition aux rayonnements ionisants (ventilation et radioprotection notamment) restent disponibles et fonctionnels pendant la réalisation des opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement.

### **3.4. Aspects non techniques**

La gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible recouvre des aspects non techniques comme les facteurs organisationnels et humains, la collecte des données et l'archivage, l'évaluation des moyens de management du vieillissement ainsi que les moyens nécessaires (ressources humaines, moyens financiers, outils et équipements et ressources externes).

#### **3.4.1 Gestion de la sûreté**

##### *3.4.1.1. Leadership et organisation*

Étant donné sa portée, la gestion du vieillissement exige que l'on désigne, au sein de l'organisation de l'exploitant, une personne particulière à qui sera confiée la mission de coordonner sa mise en œuvre et de recueillir et étudier les enseignements que l'on pourra éventuellement tirer du retour d'expérience d'exploitation d'autres installations.

Cette tâche pourra exiger une assistance en dehors de l'organisation de l'exploitant :

- Les participants de l'organisation de l'exploitant comprendront des spécialistes de l'exploitation, de la maintenance, de l'ingénierie, de la qualification des matériels, de la conception et des études et recherches, selon la complexité du problème de vieillissement à régler.
- Il sera possible de demander à des organismes externes (groupes de propriétaires, établissements de recherche, bureaux d'étude et fabricants...) de fournir des services d'expertise sur des sujets particuliers, par exemple, l'évaluation de l'état d'un matériel, des recherches et élaboration de normes.



L'efficacité de la gestion des aspects non techniques du vieillissement d'une installation du cycle du combustible doit être revue et évaluée périodiquement, par exemple dans le cadre des réexamens périodiques de sûreté.

#### 3.4.1.2. Gestion des connaissances : renouvellement et formation du personnel

L'exploitant doit se prémunir contre une éventuelle perte de qualifications, de compétences et de savoir-faire dans les domaines de l'exploitation, de la maintenance et de l'ingénierie. Selon l'état de l'installation, elle devra dans ce cas :

- Établir une liste des fonctions et profils essentiels (qualifications, compétences et savoir-faire du personnel) et la revoir périodiquement.
- Recruter du personnel en fonction de cette liste afin de compenser toute perte, conformément à des procédures écrites.
- Maintenir les qualifications du personnel en organisant des formations, des cours, du tutorat ou par d'autres moyens appropriés.
- Accorder une attention particulière aux qualifications, compétences, savoir-faire, etc., lorsqu'elle aura à faire à des sous-traitants.

L'exploitant doit également organiser des formations sur le vieillissement des SSC à l'intention des personnels qui prennent part à l'exploitation, à la maintenance et à l'ingénierie, afin que ces derniers puissent contribuer de manière éclairée et positive à la gestion de ce vieillissement.

Voici un échantillon des principaux sujets à traiter :

- Initiation et compréhension des concepts et pratiques de gestion du vieillissement.
- Disponibilité et emploi de procédures, d'outils et de matériaux appropriés à une tâche donnée.
- Retour d'expérience tant générique que particulier à l'installation afin de tirer des enseignements des événements pertinents liés au vieillissement.
- Utilisation de bases de données de fiabilité et de l'historique de maintenance des SSC.
- Résultats des revues, inspections, évaluations et améliorations effectuées dans le cadre du programme de gestion du vieillissement.

#### 3.4.1.3. Gestion des connaissances : documentation

La documentation relative à la vie de l'installation doit être tenue à jour. Des consignes concernant la préparation et la modification des documents, la collecte des données et leur saisie (base de données) sont donc indispensables si l'on veut pouvoir conserver et exploiter des informations précises et complètes sur l'installation, son état de référence et l'historique de son exploitation et de sa maintenance.

Des représentants des différents services d'exploitation, de maintenance et d'ingénierie doivent être associés à la conception de cette base de données pour faciliter l'obtention, à partir des données d'exploitation, de maintenance et d'ingénierie, de données relatives au vieillissement en quantité voulue et de la qualité souhaitée.

Les données ainsi recueillies et les enregistrements conservés doivent inclure toutes les informations intéressant la gestion du vieillissement, par exemple :

- Les données de référence sur la conception (spécifications de conception, données du fabricant – par exemple, la durée de vie prévue des équipements), la fabrication et la construction de l'installation ou des SSC et l'état de ces matériels au début de leur vie, y compris les résultats des essais de qualification et des essais de mise en service et la caractérisation des conditions ambiantes pendant la mise en service.
- Le recueil des rapports de sûreté et de la documentation relative à la justification de la sûreté (études de sûreté, marges, etc.).
- Les données sur l'*historique d'exploitation* de l'installation (par exemple, les rapports et enregistrements des équipes de travail), les modifications de la conception, les conditions de service des SSC (y compris des données sur les transitoires), des rapports d'incidents ainsi que les résultats des tests de la disponibilité et de la fiabilité des SSC (par exemple, amorce de phénomènes de vieillissement), les résultats des inspections en service et de la surveillance matérielle des équipements et des structures.
- Les données sur l'*historique de maintenance*, c'est-à-dire les données sur la surveillance des conditions de fonctionnement et la maintenance des composants et des structures, les évaluations des défaillances liées au vieillissement ou à une dégradation significative des SSC, y compris les résultats des analyses des causes profondes.
- Les enregistrements des évaluations du vieillissement et de l'état des SSC.
- Les enregistrements du retour d'expérience interne et externe ainsi que des résultats de recherche.

Les personnels d'exploitation et de maintenance seront chargés de la saisie des données dans la base. Chaque entrée doit être soumise à un système de contrôle de la qualité approprié. Il conviendra d'adopter des dispositions pour consigner les informations recueillies auprès du personnel. On s'intéressera tout particulièrement aux incidents mineurs, en particulier, les incidents récurrents qui paraissent insignifiants lorsqu'ils se produisent et peuvent néanmoins revêtir une grande importance ultérieurement (par exemple, des petites fuites et contaminations, des modifications limitées...).

Les données stockées doivent rester disponibles sur de longues périodes de temps. À cet égard, il conviendra de concevoir des procédures pour mettre en place une sauvegarde de la base de données, de s'assurer que les supports de stockage des données sont correctement manipulés et stockés et qu'ils restent lisibles. Il conviendra également de mettre en place des procédures pour la mise à jour et la maintenance de ces bases de données.

#### 3.4.1.4. *Financement de la gestion du vieillissement*

On procédera à une estimation des coûts d'un programme structuré de gestion à long terme du vieillissement et son financement sera assuré.

## 4. Vieillessement physique – Exemples de bonnes pratiques

Le vieillissement des SSC se subdivise généralement en trois grandes catégories correspondant à trois stratégies différentes.

Catégorie	Exemple	Stratégie
SSC qui peuvent être facilement remplacés		Une maintenance, de préférence prédictive (ce qui permet d'éviter la défaillance de matériels) ou une procédure périodique de détection précoce des défaillances sont utilisées pour traiter le problème du vieillissement
SSC qui ne sont pas conçus pour être remplacés	Par exemple, le génie civil et les matériels inaccessibles	Programme de gestion du vieillissement (avec identification des caractéristiques limitant la durée de vie)
SSC qui se périment rapidement	Par exemple, des contrôles-commandes	Mesures pour s'assurer la disponibilité des pièces de rechange

Ces conditions et leurs effets sont résumés dans le tableau suivant où sont également proposées des mesures à envisager pour gérer le vieillissement physique.

État du SSC	Effets du vieillissement	Mesures de gestion du vieillissement
<b>Dégradation du procédé</b>	<p>Dégradation des circuits de transfert (tuyauteries, éjecteurs à vapeur, circuits pneumatiques)</p> <p>Indisponibilité des cuves, des tuyauteries et des équipements de procédé</p> <p>Dégradation du contrôle de sûreté de la masse critique nucléaire (estimation des dépôts)</p>	<p>Veiller à systématiquement identifier les dépôts ainsi que la dégradation des obturations</p> <p>Instaurer une procédure complète et précise de contrôle de la sûreté-criticité nucléaire (estimation de la masse des dépôts)</p> <p>Assurer l'approvisionnement en pièces de rechange</p> <p>Préparer un projet de modification en vue d'un remplacement ultérieur des SSC</p> <p>Établir une documentation à l'appui de la maintenance et du remplacement des SSC</p>

État du SSC	Effets du vieillissement	Mesures de gestion du vieillissement
<p><b>Dégradation des composants mécaniques</b> (corrosion, corrosion sous contrainte, irradiation, fatigue, érosion, bio corrosion)</p>	<p>Indisponibilité des cuves, des tuyauteries et des équipements de procédé</p> <p>Dégradation des fonctions de sûreté (confinement, radioprotection, criticité, refroidissement, ...)</p>	<p>Veiller à l'identification systématique de la corrosion, des fuites et de la dégradation du confinement des équipements de procédés</p> <p>Prévoir des marges dans la conception (surépaisseur anticorrosion par exemple)</p> <p>Établir un projet d'intervention pour réparation éventuelle du matériel (des robots lorsqu'il s'agit d'une intervention dans une cellule inaccessible)</p> <p>Prévoir, au moment de la conception, le remplacement futur des équipements de procédé importants (cellule d'intervention)</p> <p>Établir un projet de modification en vue du remplacement futur des SSC</p>
<p><b>Dégradation des composants électriques et des contrôles-commandes</b> (dégradation de l'isolant, oxydation)</p>	<p>Dégradation de la qualité des isolants des matériels hautes tensions (environnement agressif associé à la présence de dépôts salins)</p>	<p>Vérifications périodiques</p> <p>Nouvelle conception (protection, limitation du temps d'exposition aux rayonnements, intervention à distance)</p>
<p><b>Dégradation des structures</b> (vieillessement du béton, attaque chimique, température élevée, corrosion de l'armature en acier)</p>	<p>Dégradation des structures en béton</p>	<p>Veiller à pouvoir identifier systématiquement la dégradation des structures en béton</p>

## 5. Vieillessement physique – Études de cas

### 5.1. Fatigue sous contrainte due à des cycles de contraintes mécaniques ou des vibrations

La fatigue est un phénomène qui conduit à la rupture sous l'effet de contraintes répétées ou fluctuantes dont la valeur maximale est inférieure à la limite de rupture du matériau. Les ruptures par fatigue sont progressives et le résultat de cycles de contrainte.

La fatigue due aux chargements vibratoires et thermiques cycliques est définie comme la dégradation des structures qui résulte de cycles de contraintes/déformations répétés provoqués par des chargements fluctuants (par exemple, vibratoires) et des variations de température donnant naissance à des charges thermiques. Après des chargements cycliques répétés d'importance suffisante, les micro-dégradations des structures peuvent s'accumuler provoquant une fissuration macroscopique dans les zones les plus fragiles. La fissure s'agrandira avec les chargements cycliques, thermiques et mécaniques ultérieurs. Les vibrations peuvent causer une fatigue cyclique conduisant à l'usure des composants ou à leur rupture. Elles sont généralement dues au fonctionnement d'un autre équipement. Elles peuvent également être produites par des phénomènes de résonance ou les mouvements des pompes et des soupapes dans des circuits fluides. La résistance à l'amorce et à l'ouverture de la fissure dépend de facteurs tels que l'amplitude de variation des contraintes, la contrainte moyenne, la fréquence de chargement et l'état de la surface.

Un examen du retour d'expérience a permis d'identifier des cas de fissuration de composants sous l'effet de la fatigue vibratoire.

L'incident qui s'est produit le 21 avril 2005 à l'usine THORP (usine de retraitement de combustibles) au Royaume-Uni en est un exemple.

Une inspection visuelle d'une cellule de clarification du flux entrant a montré que 83 000 litres de solution du dissolvant avaient fui par une tuyauterie dans le puisard de la cellule. Les enquêteurs ont déterminé que la solution du dissolvant s'était répandue dans la cellule pendant de nombreux mois, vraisemblablement depuis le mois de juillet 2004. Apparemment, une rupture importante se serait produite dans la tuyauterie d'alimentation d'une cuve "bilan" (permettant d'établir le bilan d'entrée des matières nucléaires dans l'usine) le 15 janvier 2005 ou aux alentours de cette date.

La fatigue résultant du mouvement relatif de la cuve et du tuyau d'alimentation a provoqué cette rupture.

## **5.2. Formation de nitrate d'ammonium dans une tuyauterie d'effluents gazeux à l'usine pilote de retraitement du combustible WAK à Karlsruhe**

En 1994, l'usine pilote de retraitement du combustible WAK de Karlsruhe a été démantelée. Au cours du démontage du système de ventilation de l'installation où était séparé l'U du Pu, un dépôt de poudre blanche a été découvert entre le condenseur et la tuyauterie de sortie du liquide. Les analyses ont montré que cette poudre était constituée de nitrate d'ammonium.

Les travaux de démantèlement des tuyauteries ont été interrompus jusqu'à l'élimination du nitrate d'ammonium par rinçage. On a ainsi enlevé environ 9 kg de poudre.

Cet événement a été consigné dans la fiche n° 64 du Système de notification et d'analyse des incidents relatifs au cycle du combustible (FINAS). Il y est indiqué que les dépôts se sont accumulés au fil des ans pendant l'exploitation de l'installation (200 tonnes de combustible ont été retraitées dans cette installation). D'après des informations récentes de GRS, la formation de nitrate d'ammonium pourrait être liée au mélange d'acide nitrique et d'ammoniac que produit la décomposition non explosive de l'azoture d'hydrogène ( $\text{HN}_3$ ). Cet acide très volatil est produit en petites quantités par la décomposition de l'hydrazine employée dans le procédé de séparation U/Pu.

## **5.3. Explosion d'un système de lavage des effluents gazeux lors du recyclage des rebuts à l'usine de fabrication d'éléments combustibles à l'uranium de SIEMENS à Hanau**

Le 12 décembre 1990, à l'usine de fabrication d'éléments combustibles à l'uranium de Hanau, en Allemagne, une explosion s'est produite dans un laveur à jets. Le laveur employé pour purifier les effluents gazeux faisait partie des installations de recyclage de l'uranium et de traitement des déchets liquides. La partie inférieure en acier de la colonne de lavage a été arrachée et démolie, le fond s'est effondré et la partie supérieure en PVC s'est cassée en d'innombrables morceaux. L'enveloppe de la pompe du circuit s'est dispersée en projectiles de petite taille. Les réservoirs de stockage, les tuyauteries et les armoires électriques qui se trouvaient à proximité ont été déformés par l'onde de pression. Les projectiles ont réussi à perforer certains réservoirs de stockage et même à trouser le plafond du local en plusieurs emplacements. Deux ouvriers ont été blessés ; l'un d'entre eux grièvement. Cet événement a été classé au niveau 2 sur l'échelle INES.

Des enquêtes effectuées, il ressort que l'installation d'épuration des effluents gazeux devait traiter, en fonctionnement normal, des gaz ou vapeurs chimiques différents provenant de plusieurs circuits : des gaz azoteux émis par les dissolvants employés pour recycler l'oxyde d'uranium, de l'ammoniac, les composants organiques ou les fluorures émis en particulier par les fours de calcination des gâteaux de boue de diuranate d'ammonium et de séchage des boues de clarification. Le réservoir du laveur contenait donc une solution de nitrate d'ammonium avec des fluorures et composés organiques.

Une défaillance du contrôle du niveau du liquide a permis une augmentation de la concentration en nitrate d'ammonium de la solution liquide de lavage du fait de l'évaporation du liquide, ce qui a probablement entraîné la formation d'une boue ou une cristallisation. L'explosion peut avoir été provoquée par la trop haute température à laquelle fonctionnait la pompe. Des échantillons représentatifs de résidus, accumulés avec le temps et prélevés en plusieurs emplacements de la carcasse du laveur ainsi que dans le circuit contenaient en pourcentage (poids) jusqu'à 50 % de nitrate d'ammonium, environ 10 % de fluorure et environ 1 % de nitrite. Le fluorure et l'uranium contenus ainsi que les composés organiques pourraient avoir eu un effet catalytique.





## 6. Gestion de l'obsolescence

### Exemples de bonnes pratiques

On trouvera dans le tableau suivant une description des situations et de leurs effets ainsi que des mesures qui pourraient être envisagées pour gérer l'obsolescence.

Situations	Effets du vieillissement	Mesures de gestion
<p><b>Changements de technologie</b></p> <p>(procédé, normes de conception, équipement, dont matériels et logiciels)</p>	<p>Incompatibilité entre les anciens et nouveaux équipements</p> <p>Absence de fournisseur</p> <p>Absence ou pénurie de pièces de rechange</p>	<p>Systématiquement identifier la durée de vie utile et l'obsolescence prévue</p> <p>Préparer un projet de modification en vue du remplacement des SSC périmés</p> <p>Se procurer des pièces de rechange pour la durée de vie en service prévue ou trouver de nouveaux fournisseurs</p> <p>Échanger des données avec d'autres industries</p> <p>Établir une documentation complète et précise en prévision de l'entretien et du remplacement des SSC</p>
<p><b>Modifications de la gestion de la sûreté</b></p> <p>(documentation se périmant)</p>	<p>Manque d'informations nécessaires à un fonctionnement sûr</p>	<p>Établir un système de gestion intégrée et efficace recouvrant la gestion de la configuration</p>
<p><b>Changements de normes et de règlements</b></p>	<p>Connaissance périmée des pratiques, normes et règlements</p> <p>Écart par rapport aux normes et règlements actuels</p>	<p>Veiller à la conformité avec les normes et règles actuelles</p> <p>Envisager de modifier les SSC importants pour la sûreté le cas échéant</p>



## 7. Obsolescence des SSC – Études de cas

### 7.1. Systèmes d'alarme criticité de Tokai-mura

Le premier système d'alarme criticité a été installé à l'usine de retraitement de Tokai-mura au Japon en 1973 et était de fabrication étrangère. Il a été remplacé une première fois en 1984 par un système mis au point au Japon qui a fonctionné parfaitement, sans problème grave ni fausse alarme, pendant plus de 25 ans. Les principales pièces du système étant récemment devenues obsolètes, ce système est arrivé en fin de vie.

En revanche, le dossier de sûreté de l'installation de retraitement de Tokai-mura n'a pas changé et exige toujours, parmi les fonctions de sûreté, l'installation d'un système d'alarme criticité. Le dernier de ces systèmes a été conçu en fonction des exigences actuelles et du problème d'obsolescence. Sa fiabilité et sa rentabilité sont aussi meilleures grâce aux aspects suivants de sa conception.

Dans ce dernier système, un détecteur, composé d'un scintillateur en plastique relié à un tube photomultiplicateur placé dans un modérateur en polyéthylène à revêtement de cadmium, réagit en fonction de la dose absorbée totale de neutrons ou de rayonnements gamma. Cette configuration permet de se passer d'un détecteur utilisant des matières fissiles. L'interface de signalisation du nouveau détecteur est compatible avec celle du détecteur gamma en place, ce qui favorise la standardisation des programmes de maintenance indispensables. Grâce aux dernières méthodes de calcul analytique des rayonnements, il a été possible d'optimiser le déploiement des détecteurs et ainsi d'en réduire le nombre.

Un test fonctionnel du détecteur et de son unité de traitement du signal a été effectué à l'aide du réacteur du type à impulsions TRACY. Leurs performances ont été démontrées. Le dernier système d'alarme criticité a été mis en service à l'usine de Tokai-mura en octobre 2009.

### 7.2. Gestion du vieillissement des contrôles-commandes – Le cas du site de retraitement d'AREVA NC

La gestion du vieillissement des contrôles-commandes inclut le vieillissement physique, mais le principal problème dans ce cas est celui de l'obsolescence (tant du matériel que des logiciels).

Dans le cadre de ses projets pour le site de La Hague, AREVA NC a pris la décision de maîtriser les moyens nécessaires à la production de matériels et à la mise à jour des logiciels, en d'autres termes d'obtenir la propriété des documents

de conception des systèmes et ainsi de conserver l'expertise technique sur des composants fondamentaux tels que les systèmes d'exploitation et les circuits imprimés.

Dans le cas des usines de retraitement, mais aussi de tout autre secteur industriel, qu'il s'agisse de la production d'énergie ou de la construction d'un aéronef, la disponibilité à long terme des circuits imprimés et des composants électroniques est un véritable défi puisque la durée de vie d'un composant électronique est inférieure à dix ans.

Avec d'autres grandes industries françaises, AREVA a constitué un comité en charge de l'obsolescence des composants électroniques et de l'organisation des réparations pour obtenir le même niveau de qualité. Pour les composants qui ne sont plus disponibles sur le marché, a été créée une plate-forme commune afin de procéder à la rétro-ingénierie, la refabrication et l'insertion des composants dans l'environnement technologique initial et plus ancien.

Des formations internes ont été organisées depuis 2002 qui se fondent sur les enseignements tirés de l'exploitation des installations, afin de préserver les connaissances et de conserver la maîtrise de l'intégralité de l'architecture de contrôles-commandes.

## 8. Conclusions

Les opérateurs et les exploitants du monde entier, les autorités de sûreté nationales et leurs appuis techniques sont tous convaincus de l'importance d'une gestion rigoureuse et systématique du vieillissement pour la sûreté des installations du cycle du combustible. L'atelier organisé par l'OCDE/AEN au mois d'octobre 2009 est venu le confirmer en faisant valoir l'intérêt de définir et d'échanger des recommandations et les meilleures pratiques pour régler les problèmes techniques, mais aussi non techniques, du vieillissement des installations du cycle du combustible.

Par rapport aux autres installations nucléaires, la gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible nucléaire doit tenir compte des spécificités propres à ces installations, notamment la nature des risques qui sont généralement nucléaires et chimiques, les procédés chimiques qui peuvent également subir des dégradations avec le temps, la singularité des conceptions et les évolutions fréquentes de la conception des équipements et/ou du fonctionnement des installations.

Nous avons identifié dans ce document un ensemble de bonnes pratiques grâce à une analyse comparative des stratégies et des bonnes pratiques destinées à faire face aux problèmes du vieillissement physique et de l'obsolescence depuis la conception de l'installation jusqu'à sa mise hors service.

La conception des installations du cycle du combustible est l'étape fondamentale pour anticiper les altérations des SSC et réduire les conséquences de ce vieillissement physique. Le concept de défense en profondeur doit être rigoureusement appliqué en tenant compte comme il convient de ces mécanismes de vieillissement. Dans le cas d'installations nouvelles, on souligne la nécessité de concevoir un programme particulier proportionné aux risques que présente l'installation et de le mettre en œuvre à un stade précoce. Au cours de l'exploitation de l'installation, on recommande principalement de mettre en œuvre une maintenance proactive avec les dispositions organisationnelles nécessaires pour recueillir les données d'exploitation et de maintenance et conserver une trace de l'historique de l'installation.

On classe la gestion de l'obsolescence en fonction de la nature de cette obsolescence : changements technologiques (terme recouvrant les logiciels et le matériel) susceptibles de créer des problèmes de maintenance des SSC, évolutions des normes et des règles ou obsolescence de la documentation. La gestion de l'obsolescence revêt une importance particulière dans le cas des installations du cycle du combustible qui sont conçues pour un fonctionnement de longue durée, d'autant que l'arrêt de l'installation ne permettra pas nécessairement de parvenir à un état sûr.



## Références

- IAEA NS-R-5 : « Safety of Nuclear Fuel Cycle facilities – Safety Requirements » (2008).  
 IAEA NS-G-2.12 : « Ageing Management for Nuclear Power Plant (2009) ».  
 IAEA SSG-10 : « Ageing Management for Research Reactors (2010)» .

## Liste des abréviations

AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AEN	Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE
ALARA	<i>As low as reasonably achievable</i> (aussi bas que raisonnablement possible)
CSIN	Comité sur la sûreté des installations nucléaires (OCDE/AEN)
FINAS	Système de notification et d'analyse des incidents relatifs au cycle du combustible de l'AIEA/AEN
GRS	<i>Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit</i> (Allemagne)
HSE	<i>Health and Safety Executive</i> (Royaume-Uni)
INES	Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (France)
JNES	<i>Japan Nuclear Energy Safety Organization</i>
MOX	Combustible à mélange d'oxydes
NRC	<i>Nuclear Regulatory Commission</i> (États-Unis)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ONR	<i>Office for Nuclear Regulation</i> (Royaume-Uni)
REX	Retour d'expérience
SSC	Structures, systèmes et composants importants pour la sûreté
THORP	<i>Thermal oxide reprocessing plant</i> (Royaume-Uni)
WGFCs	Groupe de travail sur la sûreté du cycle du combustible (OCDE/AEN)

## PUBLICATIONS ET INFORMATIONS À L'AEN

Le **catalogue des publications** est disponible en ligne sur le site [www.oecd-nea.org/pub](http://www.oecd-nea.org/pub).

Outre une présentation de l'Agence et de son programme de travail, on trouvera sur le **site internet de l'AEN** des centaines de rapports téléchargeables gratuitement sur des questions techniques ou de politique.

Le **bulletin électronique mensuel de l'AEN** présente les derniers résultats, événements et publications de l'AEN. Abonnez-vous gratuitement au bulletin sur [www.oecd-nea.org/bulletin/](http://www.oecd-nea.org/bulletin/).

Consultez notre page **Facebook** sur [www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency](http://www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency) ou suivez-nous sur **Twitter** @OECD\_NEA.





## Avis techniques du CSIN N° 15

La gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible consiste, comme pour toute autre installation nucléaire, à garantir la disponibilité des fonctions de sûreté sur toute leur durée de vie tout en tenant compte des modifications intervenues avec le temps et l'usage. Cet avis technique identifie et compare les stratégies et les bonnes pratiques utilisées pour faire face au vieillissement physique et à l'obsolescence des installations, depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement. Il devrait intéresser les autorités de sûreté nucléaire, les exploitants d'installations du cycle du combustible ainsi que les chercheurs qui travaillent sur ce sujet.

**Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire**  
12, boulevard des Îles  
92130 Issy-les-Moulineaux, France  
Tél. : +33 (0)1 45 24 10 15  
nea@oecd-nea.org [www.oecd-nea.org](http://www.oecd-nea.org)

ISBN 978-92-64-99182-8

