

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices –
Part 9: Special cases**

**Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs
électroniques à semiconducteurs –
Partie 9: Cas particuliers**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices –
Part 9: Special cases**

**Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs –
Partie 9: Cas particuliers**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-1016-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Component storage cases	9
5 Storage of memory devices	9
5.1 General.....	9
5.2 Semiconductor memory device types	9
6 Storage of other devices and partial assembly.....	11
6.1 General.....	11
6.2 Wafer-level chip-scale packages.....	11
6.3 Heterogeneous devices.....	12
6.4 Modules	12
7 Storage in alternative environments.....	12
7.1 General.....	12
7.2 Alternative environments.....	12
7.3 Storage environment effect on use reliability	13
Annex A (informative) Customer-supplier interaction.....	14
Bibliography.....	15
Table 1 – Example failure mechanisms and stimuli for memory devices	10
Table A.1 – Supplier – customer interaction template.....	14

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC COMPONENTS – LONG-TERM STORAGE
OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 9: Special cases****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62435-9 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

DRAFT	Report on voting
47/2700/FDIS	47/2716/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 62435 series, published under the general title *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

INTRODUCTION

This document applies to the long-term storage of electronic components in special cases of configuration. The custom-client relationship for storage of all cases is also included.

This document deals with the long-term storage (LTS) of electronic devices drawing on the best long-term storage practices currently known. For the purposes of this document, LTS is defined as any device storage whose duration can be more than 12 months for product scheduled for long duration storage. While intended to address the storage of unpackaged semiconductors and packaged electronic devices, nothing in this document precludes the storage of other items under the storage levels defined herein.

Although it has always existed to some extent, obsolescence of electronic components and particularly of integrated circuits, has become increasingly intense over the last few years.

Indeed, with the existing technological boom, the commercial life of a component has become very short compared with the life of industrial equipment such as that encountered in the aeronautical field, the railway industry or the energy sector.

The many solutions enabling obsolescence to be resolved are now identified. However, selecting one of these solutions should be preceded by a case-by-case technical and economic feasibility study, depending on whether storage is envisaged for field service or production, for example:

- remedial storage as soon as components are no longer marketed;
- preventive storage anticipating declaration of obsolescence.

Taking into account the expected life of some installations, sometimes covering several decades, the qualification times, and the unavailability costs, which can also be very high, the solution to be adopted to resolve obsolescence should often be rapidly implemented. This is why the solution retained in most cases consists in systematically storing components which are in the process of becoming obsolescent.

The technical risks of this solution are, a priori, fairly low. However, it requires perfect mastery of the implemented process and especially of the storage environment, although this mastery becomes critical when it comes to long-term storage. All handling, protection, storage and test operations are recommended to be performed according to the state of the art.

The application of the approach proposed in this document in no way guarantees that the stored components are in perfect operating condition at the end of this storage. It only comprises a means of minimizing potential and probable degradation factors.

Some electronic device users have the need to store electronic devices for long periods of time. Lifetime buys are commonly made to support production runs of assemblies that well exceed the production timeframe of its individual parts. This puts the user in a situation requiring careful and adequate storage of such parts to maintain the as-received solderability and minimize any degradation effects to the part over time. Major degradation concerns are moisture, electrostatic fields, ultra-violet light, large variations in temperature, air-borne contaminants, and outgassing.

Warranties and sparing also present a challenge for the user or repair agency as some systems have been designated to be used for long periods of time, in some cases for up to 40 years or more. Some of the devices needed for repair of these systems will not be available from the original supplier for the lifetime of the system or the spare assembly may be built with the original production run but then require long-term storage. This document was developed to provide a standard for storing electronic devices for long periods of time.

The storage of devices that are moisture sensitive but that do not need to be stored for long periods of time is dealt with in IEC TR 62258-3.

Long-term storage assumes that the device is going to be placed in uninterrupted storage for a number of years. It is essential that it be useable after storage. It is important that storage media, the local environment and the associated part data be considered together.

Local environments for long term storage can be unique to the application or to the type of subassembly being stored for further assembly. Different device types that are integrated into a single package or module can have different storage requirements that should be considered during long term storage. A product can contain a single die or multiple dice (example: a CMOS processor, a GaN radio, sensors and a new type of memory). Each device technology can impose storage requirements. For example: the memory can be removed from x-ray or high magnetic field sources and the sensors can be stored in a dark environment or low-pressure environment.

Such practice requires good communication interactions and agreements for storage that should account for the possibility and complexity of intermediate assembly of heterogeneous devices. Successful customer supplier interaction involves clear expectations for device provenance, traceability and identification.

These guidelines do not imply any warranty of product or guarantee of operation beyond the storage time given by the manufacturer.

The IEC 62435 series is intended to ensure that adequate reliability is achieved for devices in user applications after long-term storage. Users are encouraged to request data from suppliers to applicable specifications to demonstrate a successful storage life as requested by the user. These standards are not intended to address built-in failure mechanisms that would take place regardless of storage conditions.

These standards are intended to give practical guide to methods of long-duration storage of electronic components where this is intentional or planned storage of product for a number of years. Storage regimes for work-in-progress production are managed according to company internal process requirements and are not detailed in IEC 62435 (all parts).

The overall standard is split into a number of parts. Parts 1 to 4 apply to any long-term storage and contain general requirements and guidance, whereas Parts 5 to 9 are specific to the type of product being stored.

The structure of the IEC 62435 series consists of the following:

- Part 1: General
- Part 2: Deterioration mechanisms
- Part 3: Data
- Part 4: Storage
- Part 5: Die and wafer devices
- Part 6: Packaged or finished devices
- Part 7: MEMS
- Part 8: Passive electronic devices
- Part 9: Special cases

ELECTRONIC COMPONENTS – LONG-TERM STORAGE OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 9: Special cases

1 Scope

This part of IEC 62435 specifies storage practices encompassing silicon and semiconductor device building blocks of all types that are integrated together to into products in the form of either packages or boards that can be stored as fully assembled units or partial assemblies. Special attention is given to memories as components and assemblies although methods also apply to heterogeneous components. Guidelines and requirements for customer-supplier interaction are provided to manage the complexity.

NOTE In IEC 62435 (all parts), the term "components" is used interchangeably with dice, wafers, passives and packaged devices.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-192, *International electrotechnical vocabulary – Part 192: Dependability*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

failure modes effects analysis

FMEA

quantitative method of analysis that involves the study of possible failure modes and faults in sub items, and their effects at various indenture levels

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-05, modified – The deprecated terms have been removed, "qualitative" has been changed to "quantitative" because formal methods call for quantitative ranking of defined risks and the note has been removed.]

3.2

magnetoresistive random access memory

MRAM

non-volatile memory technology that uses electron spin domains to store information

3.3

resistive random access memory

ReRAM

non-volatile memory technology that uses changes in the resistance of a solid-state dielectric material to store information

Note 1 to entry: Resistive random access memory is often referred to as a "memristor".

3.4

ferroelectric random access memory

FeRAM

non-volatile memory technology that uses changes in the ferroelectric resistance of a solid-state dielectric material to store information

Note 1 to entry: Ferroelectric random access memory is often referred to as a "memristor".

3.5

erasable programmable read-only

EPROMS

type of memory that stores and retains information when the device power supply is switched off characterized as a non-volatile characteristic

3.6

flash memory storage

type of EEPROM memory that can be cleared only on blocks of memory or on a memory array

3.7

micro-electromechanical system

MEMS

system composed of one or more integrated micro-sized components, such as sensors, actuators, transducers, resonators, oscillators, mechanical components, or electric circuits

Note 1 to entry: In the definition, "micro-sized" is used to mean a size of less than a few millimetres.

Note 2 to entry: Technologies relating to MEMS are extremely diverse and include fundamental technologies (such as design, material, processing, functional element, system control, energy supply, bonding and assembly, electric circuit, and evaluation), basic sciences (such as micro-science and engineering) as well as thermodynamics on a micro-scale and microtribology.

Note 3 to entry: "MEMS" is the acronym of "micro-electromechanical systems", but was used in the past for "micro-electromechanical device". The singular and plural forms of the term "MEMS" are identical.

[SOURCE: IEC 62047-1:2016, 2.1.1, modified – The preferred term "micro-electromechanical device" has been replaced by "micro-electromechanical system" to reflect current usage. Note 1 to entry has been revised for clarity, and the second sentence has been transferred to Note 2 to entry.]

3.8

2,5 dimensional packaging

2.5D

silicon devices that are stacked upon each other or using package as part of the stacking scheme

3.9

3 dimensional packaging

3D

silicon devices stacked upon one another and connected via through silicon vias

4 Component storage cases

Semiconductor storage encompasses a number of different types of devices in many forms that challenge customer-supplier interactions. Silicon and semiconductor device building blocks of all types are integrated together to into products in the form of either packages, modules or boards that can be stored as fully assembled units or partial assemblies. The devices in a 2.5D or 3D product can include, Si logic, semiconductor memory, power devices, radios and MEMs. Storage at intermediate steps is a method to control costs and manage configurations or end product features. Each device or subassembly can be procured from a different foundry or assembly site. The storage risk assessment and mitigations shall consider all elements as finished or in partial assembly.

Local environments for long term storage can be unique to the application or to the type of subassembly being stored for further assembly. Different device types that are integrated into a single package or module can have different storage requirements that should be considered during long term storage. A product can contain a single die or multiple dice (example: a CMOS processor, a GaN radio, sensors and a new type of memory). Each device technology can impose storage requirements. For example, the memory can need to be removed from x-ray or high magnetic field sources and the sensors can need storage in a dark environment or low-pressure environment. The storage risk assessment should consider the unique storage requirements of each device and the storage environment.

The customer supplier interactions and agreements for storage should account for the possibility and complexity of intermediate assembly of heterogeneous devices. Successful customer-supplier interaction involves clear expectations for device provenance, traceability and identification.

5 Storage of memory devices

5.1 General

Storage of solid-state memory devices can impose additional considerations to long term storage because of the different sensitivities in the storage environment and the different device types. Another complicating factor to non-volatile memory storage is that components can be stored in long duration with data written for later use after final assembly. The time between read and write can be years. The risks associated with each memory shall be determined using a standardized risk assessment process, e.g. FMEA per IEC 60050-192. Examples of known interactions for different memory types are provided in Table 1 for reference. Similarly, Annex A indicates examples of ownership that should be considered during documentation and business agreements.

5.2 Semiconductor memory device types

A number of different types of memory exist with different sensitivities to the ambient environment. Memories can use different types of substrates or different physical phenomena to store charge or state. Historically memories have been known to have degraded ability to store charge when stored in higher temperature environments. The same memories are also sensitive to x-ray radiation to various degrees. Some memories utilize different mechanisms to store data such as magnetic spin or alterations in resistance and changes in the materials phases. Magnetic memories can be sensitive to high field environments while phase change memories can have a sensitivity to other environmental factors experienced in storage.

For long term storage of semiconductor memories, it is required to perform a failure modes effects analysis to identify potential vulnerabilities during the storage duration. The risk assessment FMEA should consider the storage environment including the proximity to x-ray sources, shielding, magnetic fields and higher temperatures. The ambient storage environments can be different than the standard storage environments given in IEC 60721-3-1 classification 1K21 which are used throughout the IEC 62435 series. Examples of temperature environments are shown in Table 1 below. The storage scheme should be based upon the risk Assessment FMEA with special care to ensure mitigations to mechanism stimuli for failure during or after long term storage.

Table 1 – Example failure mechanisms and stimuli for memory devices

Failure mechanism	Failure mechanism detail	Failure mode	Mechanism stimuli
Popcorn effect	High rate vapour expansion within a package during surface mounting	Open circuit, blistering, package cracks	Temperature increase leading to moisture vapour
Handling damage	Cracking	Open, short, visible crack	Application of force
	Visible scratch/smudge	Open, short, surface mark	Mechanical abrasion
Device data loss/damage	Electro-magnetic current field induced short/open/error	Open, short, data corruption	Electro-magnetic field
	High ionizing radiation induced open, short or error	Open, short, data corruption	High-energy radiation, x-ray
	Soft error resulting from device damage – random event	Open, short or data corruption	Neutron particle hit Alpha particle emission hit
	Charge loss in programmed cell		
Staining residue	Change in surface appearance and specification resulting from unplanned exposure to oxidizing contents	Visible defect, non-conforming appearance and potential of misprocessing	Exposure resulting in aging, oxidation or hardening of residue
Polymer material aging	Polymer embrittlement	Visible cracking, open or shorting	Temperature exposure, residual mechanical stress and bright light
Storage media issues	Tape on reel, tube embrittlement/aging	Misalignment during processing	Temperature exposure, mechanical stressing and bright light
	Tray and tube aging embrittlement	Dropped parts from broken tray media or parts out of formed pocket	Temperature, handling and bright light
	Box aging embrittlement	Dropped parts Opens or shorts from ESD Foreign material	Temperature and bright light
	ESD coating degradations	Opens or shorts from ESD	Triboelectric charging or charge potential difference
	Label aging	Illegible mark	Bright light, temperature
		Missing label	Temperature and bright light
		Brittle flaking – partial label	Temperature and bright light

Failure mechanism	Failure mechanism detail	Failure mode	Mechanism stimuli
Indirect Material issues	Moisture barrier bag leak	Humidity indicator card trigger, visual non-conformance	Handling abrasion, bending and shock events
	Humidity indicator card inactivated	Incorrect colour or no moisture exposure indicated	Temperature, humidity Exposure before use
	Label aging	Illegible mark	Bright light, temperature
		Missing label	Temperature and bright light
		Brittle flaking – partial label	Temperature and bright light
Solderability	Inability to form a good solder joint	Post surface mount electrical open	Temperature, humidity exposure
Corrosion	Electro-chemical reaction leading failure	Open, short, visual non-conformance	Temperature, galvanic cell, chemical residue
Tin whiskers	Whisker filament formed by dislocations in metal films with a gradient in surface mechanical stress.	Visual whiskers, short	Bright tin (Sn) surface finish (un-alloyed) crystal dislocation growth (in un-mitigated parts) Sulphur gas catalysed reaction
Wettability	Passivation surface change	Flux or adhesion change	Surface energy change
Charge loss	Capacitance charge loss or loss of charge due to mechanical stress.	Bit error or addressing error	Capacitance loss via leakage to collectors at temperature or in a field or as a result of mechanical stress or space charge and holes within the cell or at the metal contacts.
Data corruption	External EMF or radiation applied to the device results in state change	Bit error or addressing error	Data corruption from field induced state change

6 Storage of other devices and partial assembly

6.1 General

Storage of devices in a partial state of assembly is now commonly practiced to enable various product types or configurations and flexibility in the supply chain. A partial assembly can be a chip that is attached to a package that can accommodate many chips in either 2.5D or 3D configurations. Wafer-level chip scale packages with limited RDL can be stored for later use in packages or boards. Another example to consider can be a flipchip on a BGA package that can accommodate 3D memory devices, transceivers, wireless or other power devices. Similar examples of die embedded into a package in a state of partial build up awaiting assembly to memory, controllers or modems.

6.2 Wafer-level chip-scale packages

Wafer level chips are often stored before or after the deposition of RDL – redistribution layers prior to use on packages, boards or in embedding. For storage of wafer-level CSPs, it is required to complete a design failure modes effects analysis DFMEA and an FMEA (Risk Assessment) that includes the environmental conditions of the storage room. IEC 62435-6 outlines common risks and failure mechanisms that can be used in the risk assessment. WL-CSPs have been observed to exhibit some common package level failure risks such as “popcorning” during next assembly, next layer adhesion issues and WLCSP to board/package interconnect contamination resulting in opens failures.

6.3 Heterogeneous devices

Heterogeneous devices as “building-blocks” are often paired up with other devices in a multichip package or chip-stack. Devices from different process generations, process types and 2.5D/3D partial assemblies are used together on the same package or on a board. It is required to complete a design failure modes effects analysis DFMEA and a risk assessment, e.g. FMEA that includes the environmental conditions of the storage room. IEC 62435-6 outlines common risks and failure mechanisms that can be used in the risk assessment. Heterogeneous devices can exhibit risks for device(s) to package connection(s), adhesion/delamination or “pop-corning” related failures during assembly and subsequent reliability testing.

6.4 Modules

Modules in the form of cards and small motherboards with connectors can be stored in either a state or partial assembly or full assembly for field replacement. Module are constructed using a superset of components from chips, to WL-CSPs and heterogeneous devices on a small motherboard that can or cannot be contained within an enclosure. It is required to complete a design failure modes effects analysis DFMA and a risk assessment e.g. FMEA that includes the environmental conditions of the storage room. IEC 62435-6 outlines common risks and failure mechanisms that can be used in the risk assessment. Failure modes for modules in partial or complete storage can exhibit risks for device(s) to package(s) connection, adhesion / delamination or “pop-corning” related failures during assembly and subsequent reliability testing. Additional risks related to module connectors, oxidation/corrosion of connectors can exist and should be included in the Risk Assessment FMEA. If MEMs devices are included in the module care should be taken to assess the risk for pressure variation and other failure modes as indicated in IEC 62435-7. Modules, if sealed in an enclosure, should consider the risk for enclosure integrity and long-term reliability of the enclosure. Furthermore, modules can be stored as field replacement units in uncontrolled environment and thus non-standard environments should also be considered in the storage risk assessment.

7 Storage in alternative environments

7.1 General

Storage in environments other than those described by IEC 60721-3-1, environment 1K21 can be used for special storage cases or cases in which it is too costly to maintain a well-controlled environment. In such cases, it is required to survey, document and maintain the intended long-term storage environment. Annex A indicates examples of ownership that should be considered during documentation and business agreements. It is a good practice to include the survey in the business agreement governing the storage facility.

7.2 Alternative environments

The alternative environments storage risk assessment FMEA should refer to IEC 62435-1 and IEC 62435-6 along with the new environmental data to assess the risk for the altered environment. The altered environment can be a mix of environments found in the IEC 60721 series of standards. It is required to complete a design failure modes effects analysis DFMEA and a risk assessment FMEA that includes the environmental conditions of the storage room ensuring that the storage conditions are not limited to only temperature and pressure as dust, vibration and handling events can be of consequence over the long-term. IEC 62435-1 and IEC 62435-6 outline common risks and failure mechanisms that can be used in the risk assessment. It is also required to perform a risk assessment for the impact or interaction of the new environment on the long-term use reliability of the devices or item under storage.

7.3 Storage environment effect on use reliability

When reliability models exist, they can be used to determine the reliability lifetime impact (life reduction) of the storage environment. The entire lifetime of the part being assessed shall include the reliability life of the part during storage and during intended use. If reliability models for the part are not available, a risk assessment can be performed against the existing qualification data and simple scaling durations can be required to add to the qualification regiment of the component or device under test being stored.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

Annex A (informative)

Customer-supplier interaction

Storage of memory, heterogeneous devices and/or devices in partial states of assembly are complex and require assessment of the responsibilities between customer and supplying company. Table A.1 provides a framework to assess the customer-supplier interaction.

Table A.1 – Supplier – customer interaction template

ITEM	DESCRIPTION	Responsibility	
		Customer	Supplier
A	Description of the needed storage environment for the device under storage		Required
B	Qualification data for the device under storage		Required
C	Reliability report for reliability for the device under storage		By request
D	Description of the intended storage environment	Required	
E	Risk assessment for the devices under storage with the supplier	Required	
F	Life-time derating including storage time	Required	By request
G	Failure modes	Required	By request
H	FMEA Failure modes effects analysis for parts under storage	Required	By request
I	Product traceability and test information per IEC 62435-3	Required	By request
J	Storage duration estimates for devices under storage	Required	
K	Contract outlining the storage environment and handling	Required	
L	Handling risks for devices under storage in factory storage media		By request
M	FMEA Failure modes effects analysis for parts under storage at the subsequent assembly or final integration step	By request	

Bibliography

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3-1: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Storage*

IEC 60812, *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)*

IEC 62435 (all parts), *Electronics components – Long-term storage of electronic semiconductor devices*

IEC 62435-1, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 62435-3, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 3: Data*

IEC 62435-6, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 6: Packaged or finished devices*

IEC 62435-7, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 7: Micro-electromechanical devices*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
INTRODUCTION.....	19
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Termes et définitions	22
4 Cas de stockage de composants	24
5 Stockage des dispositifs de mémoire	24
5.1 Généralités	24
5.2 Types de dispositifs de mémoire à semiconducteurs	25
6 Stockage d'autres dispositifs et ensemble partiel.....	27
6.1 Généralités	27
6.2 Boîtiers à puce au niveau de la plaquette.....	27
6.3 Dispositifs hétérogènes.....	27
6.4 Modules	27
7 Stockage dans d'autres environnements.....	28
7.1 Généralités	28
7.2 Autres environnements	28
7.3 Effets de l'environnement de stockage sur la fiabilité d'utilisation.....	28
Annexe A (informative) Interaction client/fournisseur	29
Bibliographie.....	30
Tableau 1 – Exemples de mécanismes de défaillance et de stimuli pour les dispositifs de mémoire.....	25
Tableau A.1 – Modèle d'interaction client/fournisseur	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES – STOCKAGE DE LONGUE DURÉE DES
DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS –****Partie 9: Cas particuliers****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

IEC 62435-9 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

DRAFT	Rapport de vote
47/2700/FDIS	47/2716/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62435, publiées sous le titre général *Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

INTRODUCTION

Le présent document s'applique au stockage de longue durée de composants électroniques dans des cas de configuration particuliers. La relation client personnalisée pour tous les cas de stockage est également couverte.

Le présent document couvre le stockage de longue durée (LTS, long-term storage) de dispositifs électroniques, inspiré des meilleures pratiques actuellement connues pour le stockage de longue durée. Pour les besoins du présent document, le LTS est défini comme étant tout stockage de dispositifs dont la durée peut être supérieure à 12 mois, pour un produit destiné à être stocké pendant une durée prolongée. Bien que destiné à traiter du stockage des semiconducteurs non encapsulés et des dispositifs électroniques encapsulés, le présent document n'exclut pas le stockage d'autres articles avec les niveaux de stockage qu'il définit.

Bien qu'elle ait toujours existé dans une certaine mesure, l'obsolescence des composants électroniques et particulièrement des circuits intégrés a pris de plus en plus d'ampleur au cours des dernières années.

De fait, avec l'essor technologique actuel, la durée de vie commerciale d'un composant est devenue très courte comparée à celle des équipements industriels dans le domaine aéronautique, le domaine ferroviaire ou celui de l'énergie.

De nombreuses solutions ont désormais été identifiées pour traiter le problème de l'obsolescence. Avant de choisir l'une de ces solutions, il convient toutefois de mener une étude de faisabilité technique et économique au cas par cas, en tenant compte de l'objet du stockage, maintenance sur le terrain ou production, par exemple:

- stockage curatif dès lors que les composants ne sont plus commercialisés;
- stockage préventif en prévision d'une déclaration d'obsolescence.

Compte tenu de la durée de vie prévue de certaines installations, qui peut être de plusieurs décennies, des temps de qualification et des coûts d'indisponibilité, qui peuvent aussi être très élevés, il convient souvent que la solution à adopter pour résoudre le problème de l'obsolescence soit mise en œuvre rapidement. C'est pourquoi la solution retenue dans la plupart des cas consiste à stocker systématiquement les composants qui sont en train de devenir obsolètes.

Les risques techniques d'une telle solution sont a priori relativement faibles. Celle-ci exige toutefois une maîtrise parfaite du processus mis en œuvre et en particulier de l'environnement de stockage. Or cette maîtrise devient critique dans le cas d'un stockage de longue durée. Il est recommandé que toutes les opérations de manipulation, de protection, de stockage et d'essai soient effectuées conformément à l'état de la technique.

La mise en œuvre de l'approche proposée dans le présent document ne garantit en aucune manière que les composants stockés seront en parfaite condition de fonctionnement à la fin de ce stockage. Elle offre seulement un moyen de réduire le plus possible les facteurs de dégradation potentiels et probables.

Certains utilisateurs ont besoin de stocker des dispositifs électroniques pendant de longues périodes. Des achats de pièces pour la durée de vie d'un équipement sont habituellement effectués pour prendre en charge les phases de production d'ensembles qui dépassent sensiblement la durée de production prévue de leurs pièces individuelles. L'utilisateur doit par conséquent stocker ces pièces avec soin et d'une manière permettant de conserver leur brasabilité initiale et de réduire le plus possible toute dégradation dans le temps. Les principales sources de dégradation sont l'humidité, les champs électrostatiques, les rayonnements ultraviolets, les variations importantes de température, les contaminants atmosphériques et les dégazages.

Les garanties et le stockage de pièces de rechange constituent également un défi pour l'utilisateur ou l'entreprise de réparation, car certains systèmes ont été conçus pour être utilisés pendant de longues périodes, dans certains cas jusqu'à 40 ans ou plus. Certains des dispositifs nécessaires pour la réparation de ces systèmes ne sont pas disponibles auprès du fournisseur d'origine pendant la durée de vie du système, ou bien l'ensemble de rechange peut être construit au moyen du système de production d'origine, mais exiger ensuite un stockage de longue durée. Le présent document a été élaboré pour fournir une norme applicable au stockage de dispositifs électroniques pendant de longues périodes.

Le stockage de dispositifs sensibles à l'humidité, mais ne nécessitant pas un stockage pendant de longues périodes est traité dans l'IEC TR 62258- 3.

Dans le cas du stockage de longue durée, l'hypothèse retenue est que le dispositif est amené à être stocké de façon continue pendant plusieurs années. Il est essentiel qu'il soit utilisable à l'issue du stockage. Il est important que le support de stockage, l'environnement local et les données associées de la partie soient considérés ensemble.

Les environnements locaux prévus pour le stockage de longue durée peuvent être propres à l'application ou au type de sous-ensemble stocké en prévision d'un assemblage ultérieur. Différents types de dispositifs intégrés dans un seul boîtier ou module peuvent faire l'objet d'exigences différentes relatives au stockage, qu'il convient de prendre en considération lors du stockage de longue durée. Un produit peut contenir une seule puce ou plusieurs puces [par exemple: un processeur CMOS, un amplificateur radio à base de nitrure de gallium (GaN, Gallium Nitride), des capteurs et un nouveau type de mémoire]. Chaque technologie de dispositif peut imposer des exigences de stockage. Par exemple: la mémoire peut être retirée des sources de rayons X ou de champs magnétiques élevés, et les capteurs peuvent être stockés dans un environnement sombre ou basse pression.

Ce type de pratique exige d'établir une bonne communication et des accords en matière de stockage, dont il convient qu'ils tiennent compte de la possibilité et de la complexité de l'assemblage intermédiaire des dispositifs hétérogènes. Une interaction client/fournisseur réussie implique de préciser clairement les attentes en matière de provenance, de traçabilité et d'identification du dispositif.

Les présentes lignes directrices n'impliquent aucune garantie de produit ou de fonctionnement au-delà de la durée de stockage communiquée par le fabricant.

La série IEC 62435 a pour but d'assurer aux dispositifs une fiabilité adéquate dans les applications utilisateur après un stockage de longue durée. Les utilisateurs sont invités à demander des données aux fournisseurs concernant les spécifications applicables afin d'aboutir à un stockage optimum conforme à leurs attentes. Les présentes normes ne sont pas destinées à traiter les mécanismes de défaillance interne qui surviendraient indépendamment des conditions de stockage.

Les présentes normes ont pour but de fournir un guide pratique des méthodes de stockage de longue durée de composants électroniques lorsque le stockage du produit est prévu ou planifié pour plusieurs années. Les régimes de stockage dans le cadre d'une production en cours sont gérés conformément aux exigences de processus internes à l'entreprise et ne sont pas détaillés dans l'IEC 62435 (toutes les parties).

La norme complète est scindée en plusieurs parties. Les Parties 1 à 4 s'appliquent à tous les stockages de longue durée et contiennent des exigences et des recommandations générales, tandis que les Parties 5 à 9 sont propres au type de produit stocké.

La structure de la série IEC 62435 est la suivante:

- partie 1: Généralités;
- partie 2: Mécanismes de détérioration;
- partie 3: Données;
- partie 4: Stockage;
- partie 5: Dispositifs de puces et plaquettes;
- partie 6: Dispositifs encapsulés ou finis;
- partie 7: Dispositifs microélectromécaniques;
- partie 8: Dispositifs électroniques passifs;
- partie 9: Cas particuliers.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-9:2021

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES – STOCKAGE DE LONGUE DURÉE DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS –

Partie 9: Cas particuliers

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62435 spécifie les pratiques de stockage de tous les types de blocs modules au silicium et à semiconducteurs, intégrés dans des produits sous la forme de boîtiers ou de cartes qui peuvent être stockés en unités intégralement assemblées ou en ensembles partiels. Les mémoires, qu'il s'agisse de composants ou d'ensembles, font l'objet d'une attention particulière, même si les méthodes s'appliquent également aux composants hétérogènes. Des lignes directrices et des exigences en matière d'interaction client/fournisseur sont données afin de gérer la complexité.

NOTE Dans l'IEC 62435 (toutes les parties), le terme "composants" fait référence aux puces, aux plaquettes et aux dispositifs passifs et encapsulés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-192, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 192: Sûreté de fonctionnement*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

analyse des modes de défaillance et de leurs effets

AMDE

méthode quantitative d'analyse qui consiste à étudier les modes de défaillance possibles et les pannes dans les sous-entités, ainsi que leurs effets à divers niveaux dans l'arborescence

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-05, modifié (les termes déconseillés ont été supprimés, "qualitative" a été remplacé par "quantitative", car les méthodes formelles exigent un classement quantitatif des risques définis, et la note a été supprimée)]

3.2

mémoire vive magnétique

MRAM

technologie de mémoire non volatile qui utilise les domaines de spin de l'électron pour stocker des informations

Note 1 à l'article: L'abréviation "MRAM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Magnetoresistive Random Access Memory".

3.3

mémoire vive résistive

ReRAM

technologie de mémoire non volatile qui utilise les variations de résistance d'un matériau diélectrique statique pour stocker des informations

Note 1 à l'article: La mémoire vive résistive est souvent appelée "memristance".

3.4

mémoire vive ferroélectrique

FeRAM

technologie de mémoire non volatile qui utilise les variations de résistance ferroélectrique d'un matériau diélectrique statique pour stocker des informations

Note 1 à l'article: La mémoire vive ferroélectrique est souvent appelée "memristance".

3.5

mémoire morte effaçable et programmable

EPROM

type de mémoire qui stocke et conserve les informations lorsque l'alimentation électrique du dispositif est coupée, et qui est caractérisée comme étant non volatile

Note 1 à l'article: L'abréviation "EPROM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Erasable Programmable Read-Only Memory".

3.6

stockage sur mémoire flash

type de mémoire morte effaçable électriquement et programmable (EEPROM, Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) qui peut être effacée uniquement sur des blocs de mémoire ou sur une matrice mémoire

3.7

système microélectromécanique

MEMS

système constitué d'un ou plusieurs composants microminiaturisés intégrés, tels que des capteurs, des actionneurs, des transducteurs, des résonateurs, des oscillateurs, des composants mécaniques, ou des circuits électriques

Note 1 à l'article: Dans la définition, "microminiaturisé" est employé pour désigner une dimension inférieure à quelques millimètres.

Note 2 à l'article: L'étendue des technologies associées aux MEMS est extrêmement vaste et inclut des technologies fondamentales (telles que la conception, les matériaux, le traitement, les éléments fonctionnels, les commandes systèmes, l'alimentation énergétique, les collages et les assemblages, les circuits électriques et l'appréciation), des sciences fondamentales (telles que les microsciences et microtechniques), ainsi que la thermodynamique à l'échelle microscopique et la microtribologie.

Note 3 à l'article: "MEMS" est l'acronyme de l'anglais "micro-electromechanical systems", qui était utilisé pour un dispositif microélectromécanique. Les formes du terme "MEMS" au singulier et au pluriel sont identiques.

[SOURCE: IEC 62047-1:2016, 2.1.1, modifié (le terme préférentiel "dispositif microélectromécanique" a été remplacé par "système microélectromécanique" pour refléter l'utilisation actuelle. La Note 1 à l'article a fait l'objet d'une révision pour plus de clarté, et la deuxième phrase a été transférée à la Note 2 à l'article)]

3.8

emballage à 2,5 dimensions

2.5D

dispositifs en silicium empilés les uns sur les autres ou dont le boîtier fait partie intégrante du schéma d'empilement

3.9

emballage à 3 dimensions

3D

dispositifs en silicium empilés les uns sur les autres et reliés par l'intermédiaire de trous de liaison à travers le silicium

4 Cas de stockage de composants

Le stockage de semiconducteurs englobe un certain nombre de types différents de dispositifs sous de multiples formes motivant les interactions client/fournisseur. Tous les types de blocs modules au silicium et à semiconducteurs sont intégrés dans des produits sous la forme de boîtiers, de modules ou de cartes qui peuvent être stockés en unités intégralement assemblées ou en ensembles partiels. Les dispositifs d'un produit 2.5D ou 3D peuvent inclure le circuit logique au silicium, la mémoire à semiconducteurs, les dispositifs d'alimentation, les dispositifs radio et les MEMS. Le stockage réalisé à des étapes intermédiaires est une méthode de contrôle des coûts et de gestion des configurations ou des caractéristiques du produit final. Chaque dispositif ou sous-ensemble peut faire l'objet d'un approvisionnement auprès d'une fonderie ou d'un site d'assemblage différent. L'évaluation du risque lié au stockage et les moyens d'atténuation doivent prendre en considération tous les éléments selon qu'il s'agit de produits finis ou d'un ensemble partiel.

Les environnements locaux prévus pour le stockage de longue durée peuvent être propres à l'application ou au type de sous-ensemble stocké en prévision d'un assemblage ultérieur. Différents types de dispositifs intégrés dans un seul boîtier ou module peuvent faire l'objet d'exigences différentes relatives au stockage, qu'il convient de prendre en considération lors du stockage de longue durée. Un produit peut contenir une seule puce ou plusieurs puces [par exemple: un processeur CMOS, un amplificateur radio à base de nitrure de gallium (GaN), des capteurs et un nouveau type de mémoire]. Chaque technologie de dispositif peut imposer des exigences de stockage. Par exemple, il peut s'avérer nécessaire de retirer la mémoire des sources de rayons X ou de champs magnétiques élevés, et les capteurs peuvent nécessiter d'être stockés dans un environnement sombre ou basse pression. Il convient que l'évaluation du risque lié au stockage prenne en considération les exigences de stockage unique de chaque dispositif, ainsi que l'environnement de stockage.

Il convient que les interactions client/fournisseur et les accords en matière de stockage tiennent compte de la possibilité et de la complexité de l'assemblage intermédiaire des dispositifs hétérogènes. Une interaction client/fournisseur réussie implique de préciser clairement les attentes en matière de provenance, de traçabilité et d'identification du dispositif.

5 Stockage des dispositifs de mémoire

5.1 Généralités

Le stockage des dispositifs de mémoire statique peut imposer des considérations supplémentaires en matière de stockage de longue durée, compte tenu des différentes sensibilités de l'environnement de stockage et des différents types de dispositifs. Le fait de pouvoir stocker pendant de longues durées des composants sur lesquels des données sont écrites et destinées à être utilisées plus tard après l'assemblage final est un autre facteur de complication en matière de stockage de mémoire non volatile. La durée entre la lecture et l'écriture peut se compter en années. Les risques liés à chaque mémoire doivent être déterminés en appliquant un processus normalisé d'évaluation du risque, par exemple le processus AMDE conformément à l'IEC 60050-192. Des exemples d'interactions connues pour différents types de mémoires sont donnés dans le Tableau 1 à titre de référence. De même,

l'Annexe A indique des exemples de possession qu'il convient de prendre en compte lors de la documentation et des accords commerciaux.

5.2 Types de dispositifs de mémoire à semiconducteurs

Il existe un certain nombre de types de mémoires présentant différentes sensibilités à l'environnement ambiant. Les mémoires peuvent utiliser différents types de substrats ou différents phénomènes physiques pour stocker la charge ou l'état. D'un point de vue historique, les mémoires sont réputées présenter des aptitudes dégradées au stockage de charge lorsqu'elles sont stockées dans des environnements dont la température est plus élevée. Ces mêmes mémoires sont également sensibles au rayonnement X à des degrés divers. Certaines mémoires utilisent différents mécanismes pour stocker des données (un spin magnétique ou des altérations de résistance et des changements de phases des matériaux, par exemple). Les mémoires magnétiques peuvent être sensibles à des environnements à champ de forte intensité, alors que les mémoires à changement de phases peuvent présenter une sensibilité à d'autres facteurs environnementaux rencontrés lors du stockage.

Pour le stockage de longue durée des mémoires à semiconducteurs, il est exigé de procéder à une analyse des modes de défaillance et de leurs effets de manière à identifier les éventuelles vulnérabilités pendant la durée du stockage. Il convient que l'évaluation du risque AMDE prenne en considération l'environnement de stockage, y compris la proximité de sources de rayonnement X, le blindage, les champs magnétiques et les températures élevées. Les environnements de stockage ambiants peuvent être différents des environnements de stockage normalisés de l'IEC 60721-3-1, classification 1K21, qui sont utilisés dans l'ensemble de la série IEC 62435. Le Tableau 1 ci-dessous donne des exemples d'environnements de température. Il convient que le schéma de stockage repose sur l'évaluation du risque AMDE, en veillant tout particulièrement à atténuer les stimuli du mécanisme en cas de défaillance pendant ou après un stockage de longue durée.

Tableau 1 – Exemples de mécanismes de défaillance et de stimuli pour les dispositifs de mémoire

Mécanisme de défaillance	Détail du mécanisme de défaillance	Mode de défaillance	Stimuli du mécanisme
Effet popcorn	Expansion rapide de vapeur dans une enveloppe au cours du montage en surface	Circuit ouvert, cloquage, formation de fissures dans l'enveloppe	Echauffement entraînant la formation de vapeur d'eau
Gestion des dommages	Formation de fissures	Coupure, court-circuit ou fissure visible	Application de force
	Rayures/taches visibles	Coupure, court-circuit ou marque superficielle	Abrasion mécanique
Perte/altération de données d'un dispositif	Court-circuit, coupure ou erreur dus à un courant induit par un champ électromagnétique	Coupure, court-circuit ou altération de données	Champ électromagnétique
	Coupure, court-circuit ou erreur induits par un rayonnement hautement ionisant	Coupure, court-circuit ou altération de données	Rayonnement hautement ionisant, rayons X
	Erreur logicielle due à des dommages du dispositif – événement aléatoire	Coupure, court-circuit ou altération de données	Impact de neutrons Impact d'émission de particules alpha
	Perte de charge dans une cellule programmée		
Résidus salissants	Changement d'aspect et de spécification de la surface résultant de l'exposition imprévue à des contenus oxydants	Défaut visible, aspect non conforme et traitement incorrect potentiel	Exposition entraînant vieillissement, oxydation ou durcissement des résidus