

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 1: General concepts and calculation methods

Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour l'automatisation – Partie 1: Concepts généraux et méthodes de calcul

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62439-1:2010/AMD1:2012



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Industrial communication networks – High availability automation networks –
Part 1: General concepts and calculation methods**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour
l'automatisation –
Partie 1: Concepts généraux et méthodes de calcul**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 25.040.40; 35.100.01

ISBN 978-2-83220-098-8

**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.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation, working group 15.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65C/684/FDIS	65C/691/RVD

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

3.1 Terms and definitions

Add the following new terms and definitions 3.1.67 and 3.1.68:

3.1.67

bridge

device connecting LAN segments at layer 2 according to IEEE 802.1D

NOTE The words "switch" and "bridge" are considered synonyms, the word "bridge" is used in the context of standards such as RSTP (IEEE 802.1D), PTP (IEC 61588) or IEC 62439-3 (PRP & HSR).

3.1.68

network recovery time

time span from the moment of the first failure of a component or media inside the network to the moment the network reconfiguration is finished and from which all devices that are still able to participate in network communication are able to reach all other such devices in the network again

NOTE When a network redundancy control protocol (like RSTP) reconfigures the network due to a fault, parts of the network may still be available and communication outages may vary in time and location over the whole network. In the calculations, only the worst case scenario is considered.

3.2 Abbreviations and acronyms

Add, in alphabetical order, in the list of abbreviations the following new abbreviation:

RRP Ring-based Redundancy Protocol, see IEC 62439-7

3.4 Reserved network addresses

Add at the end of the list given in the second paragraph, the following new item:

- RRP (see IEC 62439-7) uses 00-E0-91-02-05-99.

Add at the end of the list given in the third paragraph, the following new item:

- RRP (see IEC 62439-7) uses 0x88FE.

4.1 Conformance to redundancy protocols

Add at the end of the existing list, the following new item:

- compliance to IEC 62439-7 (RRP).

5.1.1 Resilience in case of failure

Add, at the end of the fourth paragraph ("... are met"), the following new sentence:

A network provides a deterministic recovery if it is possible to calculate a finite worst case recovery time of a given topology when a single failure occurs.

5.1.4 Comparison and indicators

Add, in the existing Table 2, the following new line between the existing lines "BRP" and "PRP":

RRP	IEC 62439-7	Yes	In the end nodes	Double (switching end nodes)	Single ring	8 ms in 100BASEX, 4 ms in 1000BASEX
-----	-------------	-----	------------------	------------------------------	-------------	--

8 RSTP for High Availability Networks: configuration rules, calculation and measurement method for deterministic recovery time in a ring topology

Replace, in the existing title of this clause, the words "for deterministic recovery time in a ring topology" by "for predictable recovery time".

Add, between the existing title of this clause and the existing title of 8.1, the following new note:

NOTE In the context of this Clause, the word "bridge" is used in place of "switch", respectively "bridging" instead of "switching".

Add, at the end of this clause, the following new Subclause 8.5:

8.5 RSTP topology limits and maximum recovery time

NOTE In the next edition of IEC 62439-1, this new Subclause 8.5 will be renumbered as 8.2.

8.5.1 RSTP protocol parameters

This subclause explains the RSTP protocol parameters that impact network recovery times and shows how a specific topology and protocol configuration influence them. First, RSTP-

specific terms are defined. Then, basic guidelines on network design are given and finally a method to determine an approximation of an upper bound worst case network reconfiguration time for meshed RSTP networks is given.

This subclause particularly deals with RSTP networks that are composed of more than a single ring. For a single Ethernet ring running RSTP, the network reconfiguration time can be determined as 8.2 shows. However, the subsequent statements concerning RSTP parameters are also applicable in a ring network.

8.5.2 RSTP-specific terms and definitions

NOTE These terms are inherited from IEEE 802.1D.

8.5.2.1 Transmission Hold Count (TxHoldCount)

Each port of an RSTP bridge includes a counter TxHoldCount. This counter starts at zero and is incremented for each BPDU the port sends. A timer decrements every second the counter. If TxHoldCount reaches the maximum value, no further BPDU are transmitted over that port until the counter has been decremented again, regardless of the importance of the BPDU to network reconfiguration. The default maximum value of TxHoldCount is 6 and the maximum configurable number is 10.

8.5.2.2 Bridge Max Age

Each RSTP bridge includes a parameter Bridge Max Age that should be configured to the same value in each bridge. Bridge Max Age defines the maximum total number of “physical hops” or links between the root bridge and any bridge participating in the same RSTP network. Its default value is 20 and it can be configured to from 6 to a maximum of 40. In special cases, Bridge Max Age is configured differently in some bridges.

Because Bridge Max Age defines the maximum extension of an RSTP network, it is sometimes referred to as “network diameter”. But “Bridge Max Age” and the actually usable network diameter are not synonymous, see 8.5.2.4.

8.5.2.3 Message Age

Each BPDU includes a parameter Message Age. Upon reception of a BPDU, a bridge increments Message Age and afterwards compares it to its “Bridge Max Age”. If Message Age is larger than Bridge Max Age, the bridge discards the BPDU and ignores the information it carries.

The root bridge starts by sending BPDUs with Message Age = 0. The first bridge after the root bridge (and subsequent bridges until Message Age reaches Bridge Max Age) receives the BPDU, increment “Message Age” by 1, compares it to the “Bridge Max Age” and transmit BPDUs with the updated information.

8.5.2.4 Network diameter and radius

The “diameter” in an RSTP network is the number of bridges on the longest active path in a network tree between the two bridges that are the farthest away from each other. The diameter does not necessarily correspond to the RSTP parameter Bridge Max Age (see Figure 23).

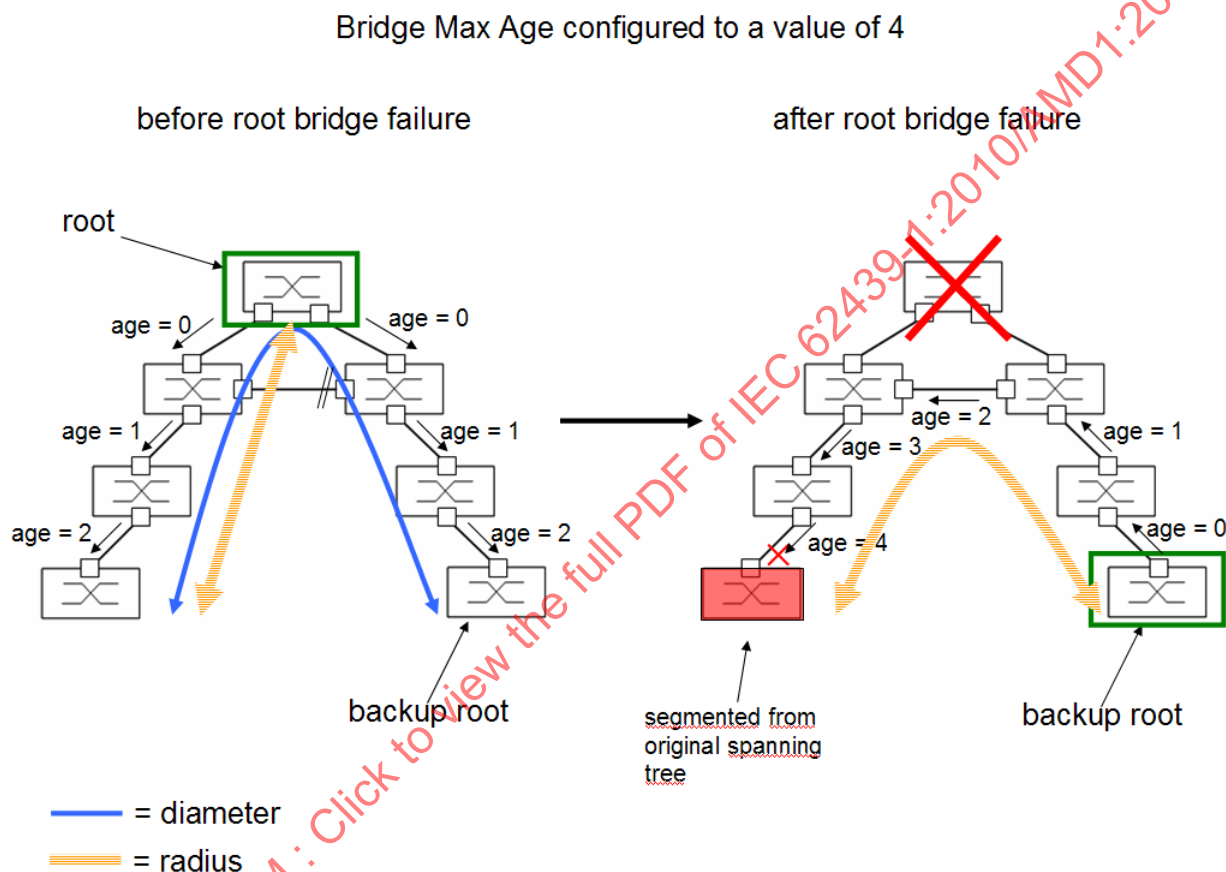
The “radius” in a RSTP network is the number of bridges from (and including) the active root bridge to the bridge that is the farthest away from this active root in the topology. This is the length (in hops) of the longest path over which the RSTP protocol information needs to be forwarded (see Figure 23). The maximum supported radius by RSTP can be defined as:

$$\text{max. radius} = \text{Bridge Max Age} + 1.$$

The radius is important to determine worst case topologies. In a worst case fault situation (without an engineered network and consciously placed root bridges), upon failure of a root bridge, the farthest away leaf might be the backup root bridge, which might become the next root. In this case, the diameter of the network can become the radius and it becomes the actual path that the RSTP information to the individual bridges has to travel. (See Figure 23)

NOTE RSTP BPDUs are only transmitted on the link between two directly connected bridges. Each bridge consumes and produces these BPDUs, but the RSTP information which they carry travels distinct paths through the network (in a stable network state without reconfiguration).

8.5.3 Example of a small RSTP tree



IEC 953/12

Figure 23 – Diameter and Bridge Max Age

NOTE 1. The RSTP parameter Bridge Max Age has been assigned the value 4 for the sake of this example although 802.1D does not allow a value lower than 6.

In the example of Figure 23, at first, the network without a failure is in a stable condition with Bridge Max Age = 4 and because the actual radius is 4 (the RSTP configuration could support a maximum radius of 5). The diameter is 7, from one leaf in one branch to the other leaf in the other branch, via the root bridge. Because the root bridge is the root element of a balanced tree, Bridge Max Age = 4 is sufficient for all bridges to receive RSTP BPDUs from the same RSTP root.

A root bridge failure and an unfavorable backup root election changes that. After a root bridge failure, the redundant link that was formerly blocked is activated. The diameter is now 6. At the same time, the radius is also increased to 6. Because one of the leaves of the original branches has now become the root bridge, the Bridge Max Age of 4 is not sufficient for the RSTP root information to reach all bridges of the network, because the RSTP information now has to travel the whole diameter, which is now equivalent to the radius. Thus, the last bridge

is segmented, as indicated in Figure 23. This bridge discards the BPDUs, because the Message Age has exceeded the configured Bridge Max Age.

To engineer stable and high performance networks, it is necessary to observe and understand the difference between the network diameter and the radius, respectively the Bridge Max Age parameter. The Bridge Max Age parameter is kept as high as necessary not to segment any device in a worst case fault scenario and as low as possible to minimize the network recovery time as shown in the following subclauses. The network radius determines the necessary Bridge Max Age value for each considered topology. The Bridge Max Age can be kept low by positioning both root bridge and backup root bridge at a central position in the network, e.g. on the main ring of a hierarchical multi-ring topology.

NOTE 2 Another method, which is not covered in this document, is to configure different Bridge Max Age values on root and backup root bridge, according to their respective positions in the network.

8.5.4 Assumption on TxHoldCount

Calculation or approximation of an upper bond reconfiguration time is made under the assumption that the Transmit Hold Count (TxHoldCount) is never reached and no BPDUs necessary for fast reconfiguration of the network is lost.

This however can occur in practice, especially during network reconfiguration. As soon as the TxHoldCount of one bridge port becomes “saturated”, all bridges connected to the saturated port won’t receive any BPDUs any more until the TxHoldCount has been decremented. If the dropped BPDUs are vital for network reconfiguration, the network reconfiguration time can be extended by several seconds. This assumption is of high practical relevance and is considered as the biggest threat to the network reconfiguration time of RSTP networks.

8.5.5 Worst case topology and radius determination

Because the worst case radius and the lowest possible Bridge Max Age parameter are correlated, determining the worst case radius is important in determining the upper bond worst case reconfiguration time.

In an arbitrarily meshed network, the reconfigured links of the network in steady state after reconfiguration can be predicted prior to the failure, but as the protocol is based on reception and sending BPDUs in each individual bridge, race conditions can occur during reconfiguration. Therefore the maximum reconfiguration time can only be given as a worst case bound based on the maximum reaction time of each bridge and the maximum number of hops allowed by the protocol.

In addition, some media such as 1000Tx present large link failure detection times. Indeed, auto-negotiation disabled on fiber Gigabit links may jeopardize RSTP failover time in case of link failure.

NOTE Malicious failures such as a bridge unable to forward payload frames but still exchanging BPDUs with its neighbors cannot be considered in the calculations.

When designing a network that operates with RSTP, the network radius from the root-bridge location and from the backup root location to the farthest away leaf bridge has to be calculated.

This radius calculation also considers a worst case failure, because failures in the topology can increase the radius. As an example, Figure 24 shows the root bridge and the backup root bridge located on the main ring. The worst case radius for this specific topology is reached by two simultaneous failures positioned as Figure 24 shows, which is 7 for the indicated root.

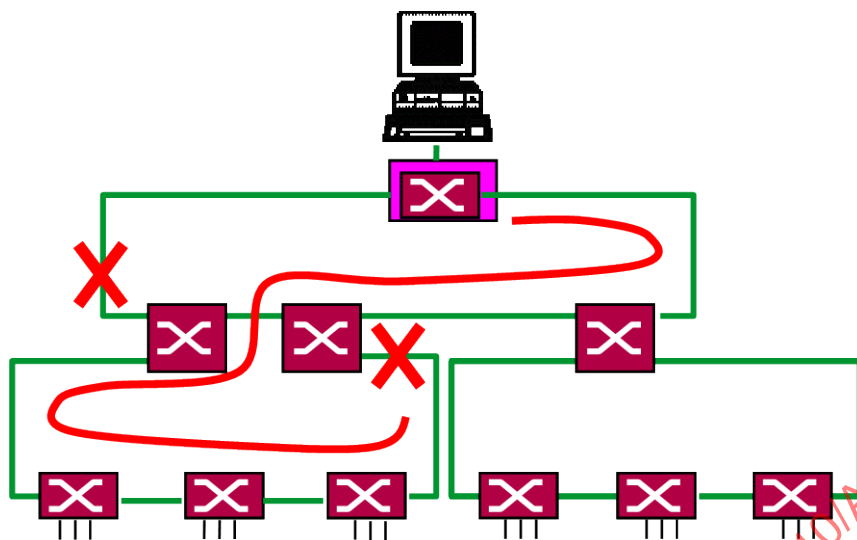


Figure 24 – Worst path determination

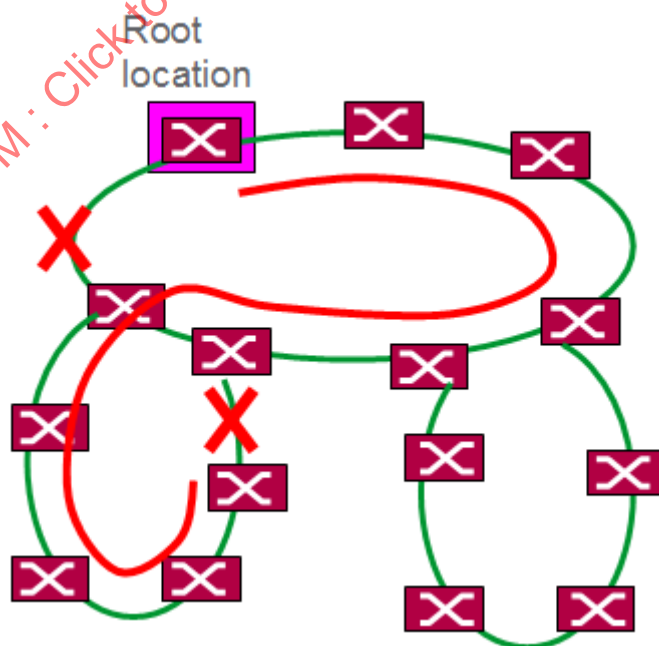
IEC 954/12

Once the worst case radius value for a worst case failure scenario in the network topology has been determined, Bridge Max Age should be configured to exactly this number - 1. This minimizes the upper bound reconfiguration time of the network, since a lower Bridge Max Age limits the time that BPDUs circulate in the network.

8.5.6 Method to determine the worst case radius in case of a ring-ring architecture

In a ring of rings topology, the main ring is made of “N” bridges + 2 × “M” bridges that connect “M” sub-rings redundantly, each made of “R” bridges (excluding the bridge to connect on the main ring).

Figure 25 shows an example of a main ring (N = 3) with two sub-rings (M = 2) connected redundantly via a total of four bridges (two per sub-ring) to the main ring, with R = 4.



IEC 955/12

Figure 25 – Example ring-ring topology

Root bridge and backup root bridge remain on the main ring (this is ensured by configuring the RSTP priority of root and backup root on the main ring with a better priority value than any other bridge in the sub-rings).

Only one failure at the main ring and one failure at the sub-ring are considered. Sustaining one failure in the main ring and simultaneously a second failure in a sub-ring is a corner case.

Then the worst case radius (i.e. the Bridge Max Age that needs to be configured which is equivalent to the worst case radius - 1) is:

$$\text{worst case radius} = N + 2 \times M + R$$

$$\text{Bridge Max Age} = (\text{worst case radius} - 1) = N + 2 \times M + R - 1$$

where

- “R” is the number of bridges in the sub-ring with the highest number of devices;
- “N” is the number of bridges in the main ring (excluding the bridges that connect the sub-rings);
- “M” is the number of bridges in the main ring that connect the main ring to the sub-rings.

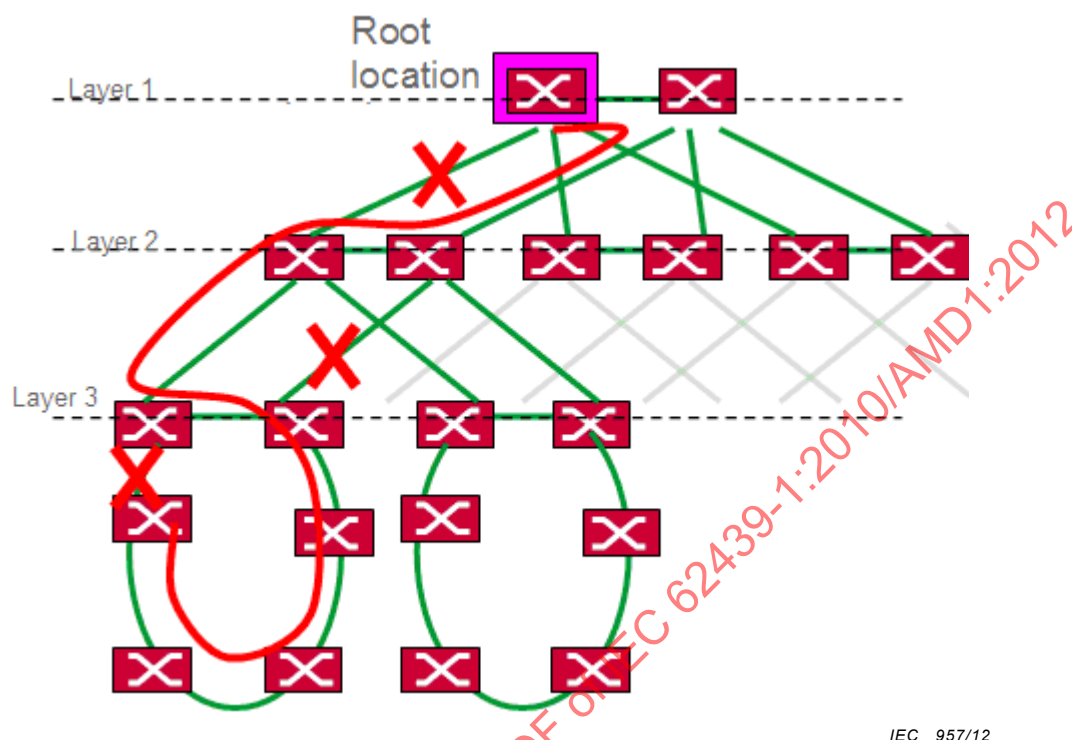
In the diagram above, considering that N=3, M=2, R=4, the worst case radius = 11.

Thus, the RSTP protocol parameter “Bridge Max Age” should be configured to a value of 10 to optimize network recovery times.

8.5.7 Worst case radius of an optimized multilayer architecture

With a large number of bridges, the network topology should be optimized in order not to reach the Bridge Max Age limit and to keep worst case reconfiguration times low.

A simple solution is to consider a multilayer topology, consisting of “L” layers, as shown in Figure 26:



IEC 957/12

Figure 26 – Example multilayer topology

The upper layer is made of 2 main bridges which are set to be the root/backup root bridges. (Priority value of these bridges is expected to be set consequently to the highest and second to highest priority).

The maximum size of layer 3 is defined by sub-rings made of “R” bridges. The parameter “R” excludes the bridges that connect the individual layer 3 subring to layer 2, which is taken into the calculation through the parameter “L”.

Only one failure per layer is considered.

Then the worst case radius is equal to:

$$\text{worst case radius} = (2 \times L) + R$$

In the above diagram, $L=3$, $R=4$, and therefore, worst case radius = 10. This results in a Bridge Max Age parameter of 9.

The interesting point is that this result is not dependant on the number of branch-offs per layers, and this topology is possibly able to support a large number of nodes with a low Bridge Max Age parameter. The limitation is the maximum number of ports of the bridges used at each layer: A large number of physical ports is detrimental to RSTP performance on bridges.

8.5.8 Approximated upper bond reconfiguration time for RSTP networks

The RSTP root bridge failure is the worst case scenario affecting reconfiguration time. The upper bond reconfiguration time is the time needed for recovery after a root bridge failure. The recovery time for link failures or non-root bridge failures will not exceed the root bridge

failure recovery time. Since it is the worst case scenario, the recovery time subsequently is estimated for a root bridge failure.

When considering the network reconfiguration time of a meshed RSTP network, three distinct phases can be identified:

- Aging phase: The phase in which the fault in the network is detected and in which multiple root information (old and new root priority vectors) are still present in the network. The old root information can still circulate around in the network until the Message Age in the BPDUs reaches the Bridge Max Age value. Only after the old root priority vector from the failed root bridge has been completely eliminated from the network, can the backup root priority vector prevail. The aging phase is therefore the time from the fault to the moment, when the old root BPDUs priority vector is eliminated and, in a worst case situation, any other, inferior new temporary root vector reaches the backup root bridge and triggers the converging phase.
- Converging phase: The phase in which the backup root broadcasts its new root vector to the network and is no longer disturbed by old root vector information. The converging phase immediately starts after the aging phase and ends when the bridge farthest away from the new backup root has received the new root information.
- Flushing phase: After the reconfiguration of the active topology, several bridges could flush their filtering databases to make certain that the new communication paths are learned properly. RSTP uses Topology Change (TC) BPDUs to initiate flushing. With a worst case assumption, this phase begins immediately after the converging phase and ends after the Topology Change notification from the bridge farthest away from the root has reached the root bridge.

NOTE When a root bridge fails, usually more than one bridge claims root. But as the backup root has the best remaining priority, its priority vector quickly (one single priority propagation through the topology) prevails against the other temporary root bridges. But in a worst case scenario, the better priority vector from the old root may still “circulate” around much longer. This is, therefore, the limiting element that defines the length of the aging phase.

The total upper bound reconfiguration time T_{rec} of a meshed RSTP network can therefore be approximated as:

$$T_{rec} = T_L + T_{age} + T_{conv} + T_{flush}$$

where:

$T_{age} = 2 \times \text{Bridge Max Age} \times TPA$;

$T_{conv} = \text{worst case radius} \times TPA$;

$T_{flush} = \text{worst case radius} \times TTC$;

T_L is the maximum time required by a bridge to detect a link failure (depends on the link type);

TPA is the maximum time required by a pair of bridges to perform RSTP Proposal Agreement handshaking; equal to the sum of the BPDU processing times in both bridges of the pair. TPA values may differ from vendor to vendor and from product to product;

TTC is the time an Ethernet bridge needs to process an RSTP topology change.

Typical values for “fast RSTP” implementation:

$TPA = 5 \text{ ms}$ when the vendor claims a 5 ms/hop recovery time

$T_L = 4\text{-}6 \text{ ms}$ for 100BASE-TX and 100BASE-FX links

$= 20 \text{ ms}$ for 1000BASE-X links

$= 700 \text{ ms}$ for 1000BASE-T links (defined by the ISO/IEC 8802-3)

This approximation shows that it is beneficial for the total recovery time to set the Bridge Max Age parameter as high as necessary to support the given topology (with respect to possible failures), but as low as possible to minimize its impact on the network recovery time.

This approximation of recovery time covers the worst case scenario, the root bridge failure. When comparing the likeliness of a root bridge failure to the likeliness of a non-root or link failure, a root bridge failure is far more unlikely (when similar failure probabilities for all participating devices and media are assumed) because for each root bridge there is a large number of media connections and non-root bridges that may fail before.

Therefore, the typical recovery time will be faster than the worst case recovery time that can be approximated by this clause, but this cannot be counted on.

NOTE There may be an additional effect when a bridge with multiple ports connected to the RSTP network is becoming a part of the active topology (especially when this device is elected root), that the sending of BPDUs on the multiple ports is not totally simultaneous. This may be complicated further with different media on these multiple ports. The reconfiguration time may be stretched by this effect.

Bibliography

Add the following new references to the existing list:

IEC 61588, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

IEC 62439-7, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 7: Ring-based Redundancy Protocol (RRP)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62439-1:2010/AMD1:2012

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels, groupe de travail 15.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/684/FDIS	65C/691/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

3.1 Termes et définitions

Ajouter les nouveaux termes et définitions 3.1.67 et 3.1.68 suivants:

3.1.67

pont

dispositif connectant des segments LAN au niveau de la couche 2 conformément à l'IEEE 802.1D

NOTE Les termes "commutateur" et "pont" sont considérés comme synonymes, le terme "pont" est utilisé dans le contexte des normes telles que RSTP (IEEE 802.1D), PTP (CEI 61588) ou CEI 62439-3 (PRP & HSR).

3.1.68

temps de rétablissement du réseau

délai écoulé entre la première défaillance d'un composant ou d'un média au sein du réseau et la fin de la reconfiguration du réseau et à partir duquel tous les dispositifs qui sont encore en mesure de participer à la communication du réseau sont à nouveau capables d'atteindre tous les autres dispositifs dans le réseau

NOTE Lorsqu'un protocole de contrôle de redondance du réseau (comme RSTP) reconfigure le réseau en raison d'une défaillance, certaines parties du réseau peuvent être toujours disponibles et les ruptures de communication peuvent varier dans le temps et dans l'espace sur l'ensemble du réseau. Dans les calculs, seul le scénario le plus défavorable est pris en compte.

3.2 Abréviations et acronymes

Ajouter, par ordre alphabétique, la nouvelle abréviation suivante dans la liste d'abréviations:

RRP Ring-based Redundancy Protocol (Protocole de redondance pour réseau en anneau), voir CEI 62439-7

3.4 Adresses réseau réservées

Ajouter, à la fin de la liste donnée dans le deuxième alinéa, le nouveau point suivant:

- RRP (voir CEI 62439-7) utilise 00-E0-91-02-05-99.

Ajouter, à la fin de la liste donnée dans le troisième alinéa, le nouveau point suivant:

- RRP (voir CEI 62439-7) utilise 0x88FE.

4.1 Conformité aux protocoles de redondance

Ajouter à la fin de la liste existante le nouvel élément suivant:

- Conformité à la CEI 62439-7 (RRP).

5.1.1 Résistance en cas de défaillance

Ajouter, à la fin du quatrième alinéa ("... sont satisfaites"), la nouvelle phrase suivante:

Un réseau offre un rétablissement déterministe s'il est possible de calculer un temps de rétablissement maximum fini d'une topologie donnée, en cas de défaillance simple.

5.1.4 Comparaison et indicateurs

Ajouter, dans le Tableau 2 existant, la nouvelle ligne suivante entre les lignes "BRP" et "PRP" existantes:

RRP	CEI 62439-7	Oui	Dans les nœuds terminaux	Double (nœuds terminaux de commutation)	En anneau simple	8 ms dans 100BASEX, 4 ms dans 1000BASEX
-----	-------------	-----	--------------------------	---	------------------	---

8 RSTP pour réseaux à haute disponibilité: règles de configuration, calcul et méthode de mesure du temps de rétablissement déterministe dans une topologie en anneau

Remplacer, dans le titre existant de cet article, les mots "du temps de rétablissement déterministe" par "du temps de rétablissement prévisible".

Ajouter, entre le titre existant de cet article et le titre existant de 8.1, la nouvelle note suivante:

NOTE Dans le contexte du présent Article, le terme "pont" est utilisé à la place de "commutateur", respectivement "ponter" au lieu de "commuter".

Ajouter, à la fin de cet article, le nouveau Paragraphe 8.5 suivant:

8.5 Limites de topologie RSTP et temps de rétablissement maximal

NOTE Dans la prochaine édition de la CEI 62439-1, ce nouveau Paragraphe sera renuméroté 8.2.

8.5.1 Paramètres du protocole RSTP

Le présent paragraphe explique les paramètres du protocole RSTP ayant une influence sur les temps de rétablissement maximaux et décrit comment une configuration spécifique de topologie et de protocole les influence. Les termes spécifiques à RSTP sont d'abord définis. Des lignes directrices de base relatives à la conception du réseau sont ensuite données, tandis qu'une méthode de détermination d'une approximation d'un temps de reconfiguration de réseau de limite supérieure le plus défavorable pour des réseaux maillés RSTP est fournie.

Le présent paragraphe traite en particulier des réseaux RSTP composés de plus d'un anneau. Pour un seul anneau Ethernet fonctionnant sur RSTP, le temps de reconfiguration du réseau peut être déterminé comme le montre le 8.2. Cependant, les énoncés suivants concernant des paramètres RSTP s'appliquent également dans un réseau en anneau.

8.5.2 Termes et définitions spécifiques à RSTP

NOTE Ces termes sont tirés de l'IEEE 802.1D.

8.5.2.1 Délai de transmission (TxHoldCount)

Chaque port d'un pont RSTP comprend un compteur TxHoldCount. Ce compteur démarre à zéro et est incrémenté à chaque envoi de BPDU par le port. Une minuterie décrémente le compteur à chaque seconde. Si TxHoldCount atteint la valeur maximale, aucune autre BPDU n'est transmise sur ce port jusqu'à ce que le compteur soit décrétementé à nouveau, quelle que soit l'importance de la BPDU pour la reconfiguration du réseau. La valeur maximale par défaut de TxHoldCount est de 6 et le numéro configurable maximal est de 10.

8.5.2.2 Bridge Max Age

Chaque pont RSTP comprend un paramètre Bridge Max Age qu'il convient de configurer à une valeur identique dans chacun des ponts. Bridge Max Age définit le nombre total maximal de "bonds physiques" ou de liaisons entre le pont racine et tout pont participant au même réseau RSTP. Sa valeur par défaut est de 20 et peut être configurée de 6 à une valeur maximale de 40. Dans certains cas particuliers, Bridge Max Age est configuré de manière différente dans certains ponts.

Etant donné que Bridge Max Age définit l'extension maximale d'un réseau RSTP, il est souvent appelé "diamètre du réseau". Cependant, le terme "Bridge Max Age" et le diamètre du réseau réellement utilisable ne sont pas synonymes, voir 8.5.2.4.

8.5.2.3 Message Age

Chaque BPDU comprend un paramètre Message Age. A réception d'une BPDU, un pont incrémente Message Age puis le compare à son propre "Bridge Max Age". Si le paramètre Message Age est supérieur à Bridge Max Age, le pont rejette la BPDU et ignore les informations qu'elle contient.

Le pont racine commence par envoyer des BPDU avec Message Age = 0. Le premier pont situé après le pont racine (ainsi que les ponts suivants jusqu'à ce que le paramètre Message Age atteigne Bridge Max Age) reçoit la BPDU, incrémente "Message Age" de 1, le compare au paramètre "Bridge Max Age" puis transmet les BPDU accompagnées des informations mises à jour.

8.5.2.4 Diamètre et rayon du réseau

Le "diamètre" du réseau RSTP est le nombre de ponts sur le chemin actif le plus long d'une arborescence réseau entre deux ponts les plus éloignés entre eux. Le diamètre ne correspond pas nécessairement au paramètre RSTP Bridge Max Age (voir Figure 23).

Le "rayon" d'un réseau RSTP correspond au nombre de ponts à partir (et comprenant) du pont racine actif vers le pont le plus éloigné de cette racine active dans la topologie. Il s'agit de la longueur (en sauts) du chemin le plus long sur lequel il est nécessaire de transférer les informations du protocole RSTP (voir Figure 23). Le rayon maximum pris en charge par RSTP peut être défini comme:

$$\text{rayon max.} = \text{Bridge Max Age} + 1.$$

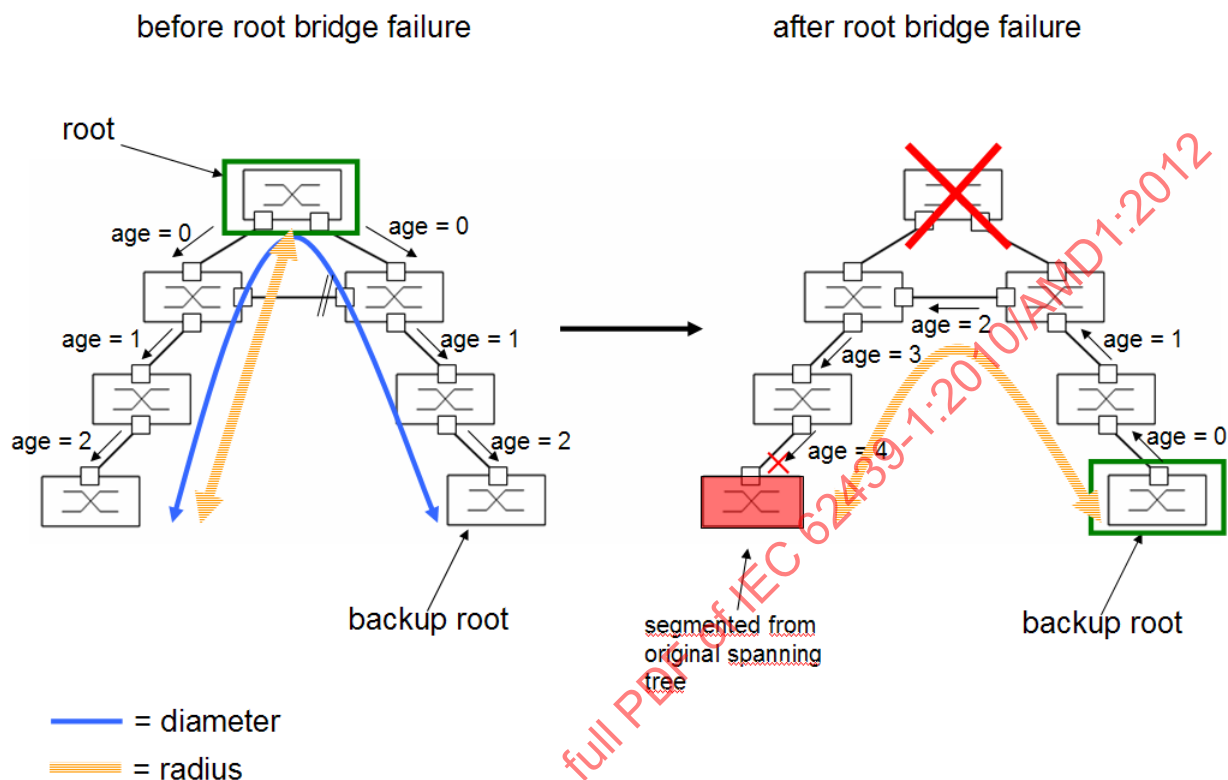
Le rayon est indispensable pour déterminer les topologies les plus défavorables. Dans des conditions de défaillance les plus défavorables (en l'absence d'un réseau technique et de ponts racines placés avec attention), en cas de défaillance d'un pont racine, la feuille la plus éloignée pourrait être le pont racine de secours, susceptible de devenir la racine suivante. Dans ce cas, le diamètre du réseau peut devenir le rayon et devient le chemin réel que les informations RSTP doivent parcourir pour se rendre vers les ponts individuels. (Voir Figure 23)

NOTE Les BPDUs RSTP sont uniquement transmises sur la liaison située entre deux ponts directement connectés. Chacun des ponts consomme et produit ces BPDUs, mais les informations RSTP qu'ils transportent parcourent divers chemins à travers le réseau (dans un état de réseau stable et sans reconfiguration).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62439-1:2010/AMD:2012

8.5.3 Exemple d'arborescence RSTP de petite taille

Bridge Max Age configured to a value of 4



IEC 953/12

Légende

Anglais	Français
Bridge Max Age configured to a value of 4	Paramètre Bridge Max Age configuré sur une valeur de 4
Before root bridge failure	Avant la défaillance d'un pont racine
After root bridge failure	Après la défaillance d'un pont racine
Root	Racine
Backup root	Racine de secours
Age	Âge
Segmented from original spanning tree	Segmenté de l'arborescence d'origine
Diameter	Diamètre
Radius	Rayon

Figure 23 – Diamètre et Bridge Max Age

NOTE 1 La valeur de 4 a été attribuée au paramètre RSTP Bridge Max Age pour les besoins du présent exemple même si 802.1D ne permet pas une valeur inférieure à 6.

Dans l'exemple de la Figure 23, le réseau sans défaillance se trouve d'abord dans une condition stable avec Bridge Max Age = 4 et parce que le rayon réel est de 4 (la configuration RSTP pourrait supporter un rayon maximal de 5). Le diamètre est de 7, d'une feuille d'une branche à l'autre feuille située dans l'autre branche, via le pont racine. Etant donné que le pont racine est l'élément racine d'une arborescence équilibrée, Bridge Max Age = 4 suffit pour tous les ponts afin de recevoir les BPDUs RSTP à partir de la même racine RSTP.

Une défaillance de pont racine et un choix de racine de secours défavorable changent ce processus. Après la défaillance d'un pont racine, la liaison redondante précédemment bloquée est activée. Le diamètre est désormais de 6. Parallèlement, le rayon est également augmenté pour atteindre 6. Etant donné que l'une des feuilles des branches d'origine est désormais devenue le pont racine, le paramètre Bridge Max Age de 4 ne suffit plus pour que les informations racines RSTP atteignent tous les ponts du réseau, car les informations RSTP doivent alors parcourir l'ensemble du diamètre, maintenant équivalent au rayon. Par conséquent, le dernier pont est segmenté, comme indiqué dans la Figure 23. Ce pont rejette la BPDU, car le paramètre Message Age a dépassé le paramètre configuré Bridge Max Age.

Pour concevoir des réseaux stables et haute performance, il est nécessaire d'observer et de comprendre la différence entre le diamètre du réseau et le rayon, respectivement le paramètre Bridge Max Age. Ce dernier est maintenu à une valeur aussi élevée que nécessaire afin de ne pas segmenter de dispositif dans le scénario de défaillance le plus défavorable et à une valeur la plus faible possible afin de réduire au maximum le temps de rétablissement du réseau tel que décrit dans les paragraphes suivants. Le rayon du réseau détermine la valeur Bridge Max Age nécessaire pour chacune des topologies considérées. Le paramètre Bridge Max Age peut être maintenu à une valeur faible en positionnant à la fois le pont racine et le pont racine de secours dans une position centrale au sein du réseau, par exemple sur l'anneau principal d'une topologie hiérarchique multi-anneaux.

NOTE 2 Une autre méthode, qui n'est pas traitée dans le présent document, consiste à configurer différentes valeurs Bridge Max Age sur le pont racine et sur le pont racine de secours, conformément à leurs positions respectives dans le réseau.

8.5.4 Hypothèse relative à TxHoldCount

Le calcul ou l'approximation d'un temps de reconfiguration de limite supérieure est effectué à partir de l'hypothèse selon laquelle le paramètre Transmit Hold Count (TxHoldCount) n'est jamais atteint et qu'aucune BPDU nécessaire à une reconfiguration rapide du réseau n'est perdue.

Ceci peut cependant se produire en pratique, notamment pendant la reconfiguration du réseau. Dès que le paramètre TxHoldCount d'un port de pont est "saturé", aucun des ponts reliés au port saturé ne recevra plus de BPDU jusqu'à ce TxHoldCount ait été décrémenté. Si les BPDU rejetées sont essentielles à la reconfiguration du réseau, le temps de rétablissement du réseau peut être rallongé de plusieurs secondes. Cette hypothèse est d'une importance pratique majeure et est considérée comme la plus grande menace pour le temps de reconfiguration du réseau des réseaux RSTP.

8.5.5 Topologie la plus défavorable et détermination du rayon

Etant donné que le rayon le plus défavorable et le paramètre Bridge Max Age le plus faible possible sont corrélés, la détermination du rayon le plus défavorable est importante pour déterminer le temps de reconfiguration de limite supérieure le plus défavorable.

Dans un réseau maillé arbitrairement, les liaisons reconfigurées du réseau en régime établi après reconfiguration peuvent être prévues avant la défaillance, mais étant donné que le protocole est basé sur la réception et l'envoi de BPDU dans chaque pont individuel, des conditions de concurrence peuvent avoir lieu pendant la reconfiguration. Par conséquent, le temps de reconfiguration maximal ne peut être donné que comme une limite la plus défavorable basée sur le temps de réaction maximal de chaque pont et sur le nombre maximal de sauts autorisés par le protocole.

En outre, certains supports tels que 1000Tx présentent des temps de détection de défaillance de liaison importants. Ainsi, l'auto-négociation désactivée sur des liaisons à fibre Gigabit peut compromettre le temps de défaillance RSTP en cas de défaillance de liaison.

NOTE Des défaillances malveillantes, par exemple un pont incapable de transférer des trames de données utiles mais qui échange toujours des BPDU avec ses voisins, ne peuvent être prises en compte dans les calculs.

Lors de la conception d'un réseau fonctionnant avec RSTP, le rayon du réseau à partir de l'emplacement du pont racine et de l'emplacement de la racine de secours vers le pont de la feuille la plus éloignée doit être calculé.

Ce calcul de rayon tient également compte d'une défaillance la plus défavorable, car des défaillances de topologie peuvent augmenter le rayon. Par exemple, la Figure 24 illustre le pont racine et le pont racine de secours situés sur l'anneau principal. Le rayon le plus défavorable pour cette topologie spécifique est atteint par deux défaillances simultanées positionnées comme le montre Figure 24, et s'élève à 7 pour la racine indiquée.

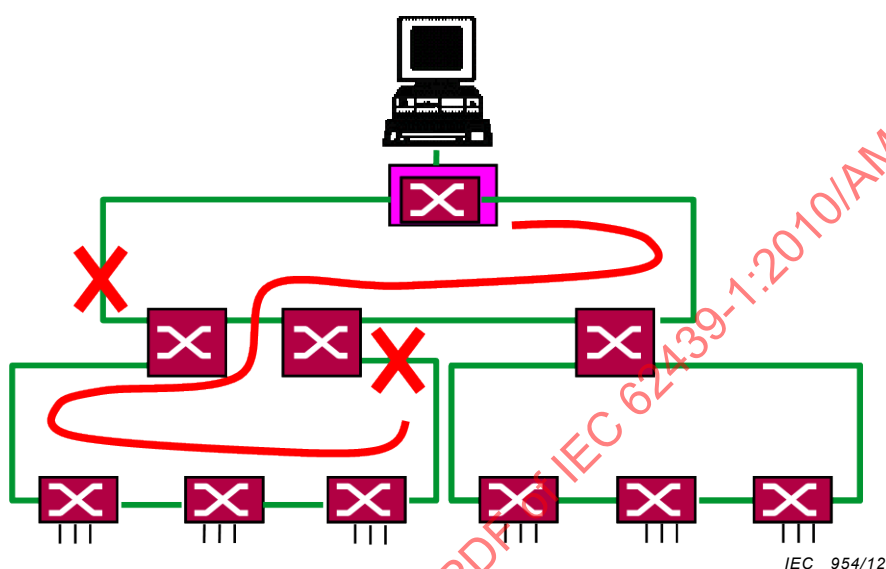


Figure 24 – Détermination du chemin le plus défavorable

Une fois déterminée la valeur du rayon le plus défavorable pour un scénario de défaillance la plus défavorable dans la topologie de réseau, il convient de configurer Bridge Max Age précisément au nombre - 1. Ceci permet de réduire au maximum le temps de reconfiguration de limite supérieure du réseau, puisqu'un paramètre Bridge Max Age plus faible limite le temps de parcours des BPDU dans le réseau.

8.5.6 Méthode de détermination du rayon le plus défavorable en cas d'architecture anneau-anneau

Dans une topologie d'anneau à anneaux, l'anneau principal se compose de "N" ponts + 2 × "M" ponts qui relient "M" sous-anneaux de manière redondante, chacun étant composé de "R" ponts (à l'exception du pont utilisé pour relier à l'anneau principal).

La Figure 25 donne un exemple d'anneau principal (N = 3) doté de deux sous-anneaux (M = 2) reliés de manière redondante via un total de quatre ponts (deux par sous-anneau) à l'anneau principal, avec R = 4.