

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**OPC unified architecture –
Part 10: Programs**

**Architecture unifiée OPC –
Partie 10: Programmes**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62541-10:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

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 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**OPC unified architecture –
Part 10: Programs**

**Architecture unifiée OPC –
Partie 10: Programmes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40; 35.100.05

ISBN 978-2-8322-8576-3

**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	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and abbreviated terms	6
3.1 Terms and definitions	6
3.2 Abbreviated terms	7
4 Concepts	7
4.1 General	7
4.2 Programs	8
4.2.1 Overview	8
4.2.2 Security considerations	9
4.2.3 Program Finite State Machine	9
4.2.4 Program states	10
4.2.5 State transitions	11
4.2.6 Program state transition stimuli	11
4.2.7 Program Control Methods	11
4.2.8 Program state transition effects	12
4.2.9 Program result data	12
4.2.10 Program lifetime	13
5 Model	14
5.1 General	14
5.2 ProgramStateMachineType	14
5.2.1 Overview	14
5.2.2 ProgramStateMachineType Properties	15
5.2.3 ProgramStateMachineType components	16
5.2.4 ProgramStateMachineType causes (Methods)	20
5.2.5 ProgramStateMachineType effects (Events)	22
5.2.6 AuditProgramTransitionEventType	24
5.2.7 FinalResultData	25
5.2.8 ProgramDiagnostic2 DataType	25
5.2.9 ProgramDiagnostic2Type VariableType	26
Annex A (informative) Program example	27
A.1 Overview	27
A.2 DomainDownload Program	27
A.2.1 General	27
A.2.2 DomainDownload states	28
A.2.3 DomainDownload transitions	28
A.2.4 DomainDownload Methods	29
A.2.5 DomainDownload Events	30
A.2.6 DomainDownload model	30
Figure 1 – Automation facility control	8
Figure 2 – Program illustration	9
Figure 3 – Program states and transitions	10
Figure 4 – Program Type	14

Figure 5 – Program FSM References	16
Figure 6 – ProgramStateMachineType causes and effects	20
Figure A.1 – Program example.....	27
Figure A.2 – DomainDownload state diagram.....	28
Figure A.3 – DomainDownloadType partial state model	35
Figure A.4 – Ready To Running model	38
Figure A.5 – Opening To Sending To Closing model	40
Figure A.6 – Running To Suspended model	41
Figure A.7 – Suspended To Running model	42
Figure A.8 – Running To Halted – Aborted model	42
Figure A.9 – Suspended To Aborted model.....	43
Figure A.10 – Running To Completed model	44
Figure A.11 – Sequence of operations	45
Table 1 – Program Finite State Machine	10
Table 2 – Program states.....	11
Table 3 – Program state transitions	11
Table 4 – Program Control Methods.....	12
Table 5 – ProgramStateMachineType	15
Table 6 – Program states.....	17
Table 7 – Program transitions	18
Table 8 – ProgramStateMachineType causes.....	21
Table 9 – ProgramTransitionEventType	22
Table 10 – ProgramTransitionEvents.....	23
Table 11 – AuditProgramTransitionEventType	24
Table 12 – ProgramDiagnostic2DataType structure	25
Table 13 – ProgramDiagnostic2DataType definition	26
Table 14 – ProgramDiagnostic2Type VariableType	26
Table A.1 – DomainDownload states	29
Table A.2 – DomainDownload Type	31
Table A.3 – Transfer State Machine Type	32
Table A.4 – Transfer State Machine – states.....	33
Table A.5 – Finish State Machine Type	33
Table A.6 – Finish State Machine – states	34
Table A.7 – DomainDownload Type Property Attributes variable values	34
Table A.8 – Additional DomainDownload transition types	36
Table A.9 – Start Method additions	38
Table A.10 – StartArguments	39
Table A.11 – IntermediateResults Object	40
Table A.12 – Intermediate result data Variables	41
Table A.13 – FinalResultData	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPC UNIFIED ARCHITECTURE –

Part 10: Programs

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 62541-10 has been prepared by subcommittee 65E: Devices and integration in enterprise systems, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2015.

This edition includes several clarifications and in addition the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Changed ProgramType to ProgramStateMachineType. This is in line with the NodeSet (and thus implementations). In ProgramDiagnosticDataType: changed the definition of lastInputArguments and lastOutputArguments and added two additional fields for the argument values. Also changed StatusResult into StatusCode. Created new version of the type to ProgramDiagnostic2DataType.
- b) Changed Optional modelling rule to OptionalPlaceholder for Program control Methods. Following the clarification in IEC 62541-3, this now allows subtypes (or instances) to add arguments.

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

FDIS	Report on voting
65E/719/FDIS	65E/735/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Throughout this document and the other parts of the IEC 62541 series, certain document conventions are used:

Italics are used to denote a defined term or definition that appears in Clause 3 in one of the parts of the series.

Italics are also used to denote the name of a service input or output parameter or the name of a structure or element of a structure that are usually defined in tables.

The *italicized terms and names* are also, with a few exceptions, written in camel-case (the practice of writing compound words or phrases in which the elements are joined without spaces, with each element's initial letter capitalized within the compound). For example the defined term is *AddressSpace* instead of *Address Space*. This makes it easier to understand that there is a single definition for *AddressSpace*, not separate definitions for *Address* and *Space*.

A list of all parts of the IEC 62541 series, published under the general title *OPC Unified Architecture*, 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 "<http://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.

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.

OPC UNIFIED ARCHITECTURE –

Part 10: Programs

1 Scope

This part of IEC 62541 defines the *information model* associated with *Programs* in the OPC Unified Architecture. This includes the description of the *NodeClasses*, standard *Properties*, *Methods* and *Events* and associated behaviour and information for *Programs*.

The complete Address Space model including all *NodeClasses* and *Attributes* is specified in IEC 62541-3. The *Services* such as those used to invoke the *Methods* used to manage *Programs* are specified in IEC 62541-4.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC TR 62541-1, *OPC Unified Architecture – Part 1: Overview and Concepts*

IEC 62541-3, *OPC Unified Architecture – Part 3: Address Space Model*

IEC 62541-4, *OPC Unified Architecture – Part 4: Services*

IEC 62541-5, *OPC Unified Architecture – Part 5: Information Model*

IEC 62541-7, *OPC Unified Architecture – Part 7: Profiles*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC TR 62541-1, IEC 62541-3 and the following 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>

3.1.1

function

programmatic task performed by a *Server* or device, usually accomplished by computer code execution

3.1.2

finite state machine

sequence of states and valid state transitions along with the causes and effects of those state transitions that define the actions of a *Program* in terms of discrete stages

3.1.3

ProgramStateMachineType

type definition of a *Program* and is a subtype of the *FiniteStateMachineType*

3.1.4

program control method

Method having specific semantics designed for the control of a *Program* by causing a state transition

3.1.5

program invocation

unique *Object* instance of a *Program* existing on a *Server*

Note 1 to entry: A *Program Invocation* is distinguished from other *Object* instances of the same *ProgramStateMachineType* by the object node's unique browse path.

3.2 Abbreviated terms

DA data access

FSM finite state machine

HMI human-machine interface

UA Unified Architecture

4 Concepts

4.1 General

Integrated automation facilities manage their operations through the exchange of data and the coordinated invocation of system *Functions* as illustrated in Figure 1. *Services* are required to perform the data exchanges and to invoke the *Functions* that constitute system operation. These *Functions* may be invoked through Human Machine Interfaces, cell controllers, or other supervisory control and data acquisition type systems. OPC UA defines *Methods* and *Programs* as an interoperable way to advertise, discover, and request these *Functions*. They provide a normalizing mechanism for the semantic description, invocation, and result reporting of these *Functions*. Together *Methods* and *Programs* complement the other OPC UA *Services* and *ObjectTypes* to facilitate the operation of an automation environment using a client-server hierarchy.

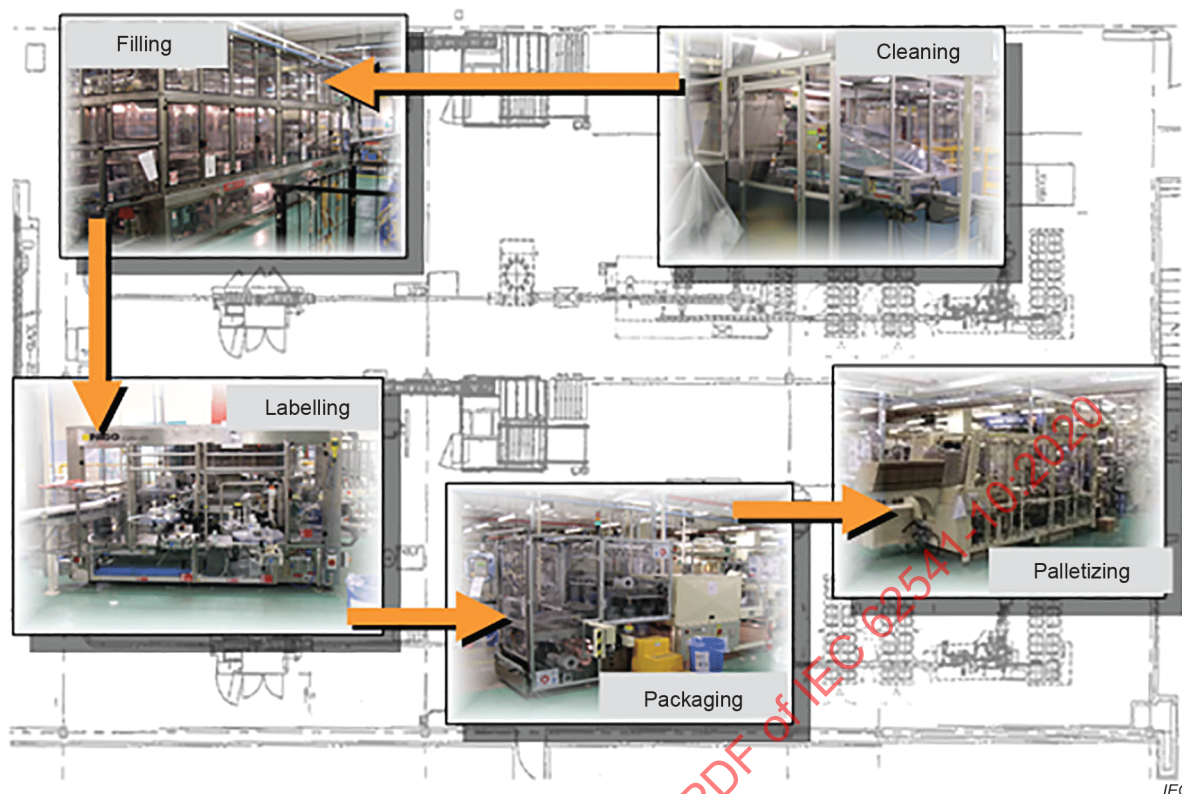


Figure 1 – Automation facility control

Methods and *Programs* model *Functions* typically have different scopes, behaviours, lifetimes, and complexities in *OPC Servers* and the underlying systems. These *Functions* are not normally characterized by the reading or writing of data which is accomplished with the *OPC UA Attribute* service set.

Methods represent basic *Functions* in the *Server* that can be invoked by a *Client*. *Programs*, by contrast, model more complex and stateful functionality in the system. For example, a method call may be used to perform a calculation or reset a counter. A *Program* is used to run and control a batch process, execute a machine tool part program, or manage a domain download. *Methods* and their invocation mechanism are described in IEC 62541-3 and IEC 62541-4.

This document describes the extensions to, or specific use of, the core capabilities defined in IEC 62541-5 as required for *Programs*.

4.2 Programs

4.2.1 Overview

Programs are complex *Functions* in a *Server* or underlying system that can be invoked and managed by a *Client*. *Programs* can represent any level of functionality within a system or process in which *Client* control or intervention is required and progress monitoring is desired. Figure 2 illustrates the model.

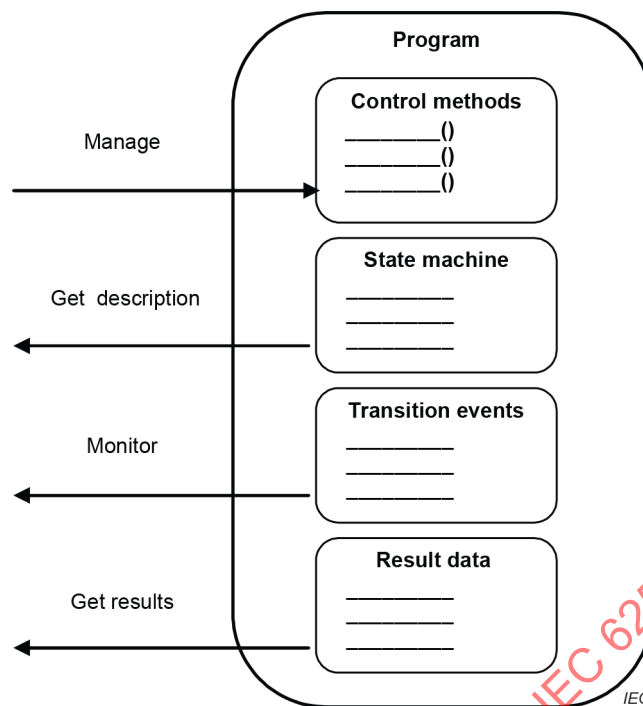


Figure 2 – Program illustration

Programs are stateful and transition through a prescribed sequence of states as they execute. Their behaviour is defined by a *Program Finite State Machine (PFSM)*. The elements of the PFSM describe the phases of a *Program*'s execution in terms of valid transitions between a set of states, the stimuli or causes of those transitions, and the resultant effects of the transitions.

4.2.2 Security considerations

Since *Programs* can be used to perform advanced control algorithms or other actions, their use should be restricted to personnel with appropriate access rights. It is recommended that *AuditUpdateMethodEvents* are generated to allow monitoring the number of running *Programs* in addition to their execution frequency.

4.2.3 Program Finite State Machine

The states, transitions, causes and effects that compose the *Program Finite State Machine* are listed in Table 1 and illustrated in Figure 3.

Table 1 – Program Finite State Machine

No.	Transition name	Cause	From state	To state	Effect
1	HaltedToReady	Reset Method	Halted	Ready	Report Transition 1 Event/Result
2	ReadyToRunning	Start Method	Ready	Running	Report Transition 2 Event/Result
3	RunningToHalted	Halt Method or Internal (Error)	Running	Halted	Report Transition 3 Event/Result
4	RunningToReady	Internal	Running	Ready	Report Transition 4 Event/Result
5	RunningToSuspended	Suspend Method	Running	Suspended	Report Transition 5 Event/Result
6	SuspendedToRunning	Resume Method	Suspended	Running	Report Transition 6 Event/Result
7	SuspendedToHalted	Halt Method	Suspended	Halted	Report Transition 7 Event/Result
8	SuspendedToReady	Internal	Suspended	Ready	Report Transition 8 Event/Result
9	ReadyToHalted	Halt Method	Ready	Halted	Report Transition 9 Event/Result

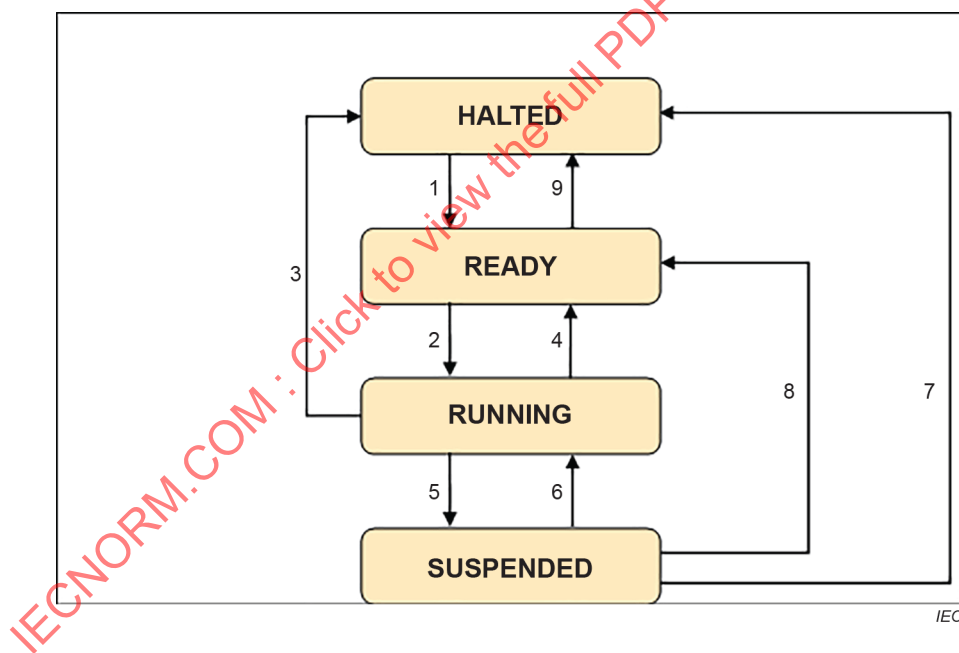


Figure 3 – Program states and transitions

4.2.4 Program states

A standard set of base states is defined for *Programs* as part of the *Program Finite State Machine*. These states represent the stages in which a *Program* can exist at an instant in time as viewed by a *Client*. This state is the *Program's* current state. All *Programs* shall support this base set. A *Program* may or may not require a *Client* action to cause the state to change. The states are formally defined in Table 2.

Table 2 – Program states

State	Description
Ready	The <i>Program</i> is properly initialized and may be started.
Running	The <i>Program</i> is executing making progress towards completion.
Suspended	The <i>Program</i> has been stopped prior to reaching a terminal state but may be resumed.
Halted	The <i>Program</i> is in a terminal or failed state, and it cannot be started or resumed without being reset.

The set of states defined to describe a *Program* can be expanded. *Program* sub states can be defined for the base states to provide more resolution of a process and to describe the cause and effect(s) of additional stimuli and transitions. Standards bodies and industry groups may extend the base *Program Finite State Model* to conform to various industry models. For example, the Halted state can include the sub states "Aborted" and "Completed" to indicate if the *Function* achieved a successful conclusion prior to the transition to Halted. Transitional states such as "Starting" or "Suspending" might also be extensions of the Running state, for example.

4.2.5 State transitions

A standard set of state transitions is defined for the *Program Finite State Machine*. These transitions define the valid changes to the *Program's* current state in terms of an initial state and a resultant state. The transitions are formally defined in Table 3.

Table 3 – Program state transitions

Transition no.	Transition name	Initial state	Resultant state
1	HaltedToReady	Halted	Ready
2	ReadyToRunning	Ready	Running
3	RunningToHalted	Running	Halted
4	RunningToReady	Running	Ready
5	RunningToSuspended	Running	Suspended
6	SuspendedToRunning	Suspended	Running
7	SuspendedToHalted	Suspended	Halted
8	SuspendedToReady	Suspended	Ready
9	ReadyToHalted	Ready	Halted

4.2.6 Program state transition stimuli

The stimuli or causes for a *Program's* state transitions can be internal to the *Server* or external. The completion of machining steps, the detection of an alarm condition, or the transmission of a data packet are examples of internal stimuli. *Methods* are an example of external stimuli. Standard *Methods* are defined which act as stimuli for the control of a *Program*.

4.2.7 Program Control Methods

Clients manage a *Program* by calling *Methods*. The *Methods* impact a *Program's* behaviour by causing specified state transitions. The state transitions dictate the actions performed by the *Program*. This document defines a set of standard *Program Control Methods*. These *Methods* provide sufficient means for a *Client* to run a *Program*.

Table 4 lists the set of defined *Program Control Methods*. Each *Method* causes transitions from specified states and shall be called when the *Program* is in one of those states.

Individual *Programs* can optionally support any subset of the *Program Control Methods*. For example, some *Programs* may not be permitted to suspend and so would not provide the *Suspend* and *Resume Methods*.

Programs can support additional user defined *Methods*. User defined *Methods* shall not change the behaviour of the base *Program Finite State Machine*.

Table 4 – Program Control Methods

Method Name	Description
Start	Causes the <i>Program</i> to transition from the Ready state to the Running state.
Suspend	Causes the <i>Program</i> to transition from the Running state to the Suspended state.
Resume	Causes the <i>Program</i> to transition from the Suspended state to the Running state.
Halt	Causes the <i>Program</i> to transition from the Ready, Running or Suspended state to the Halted state.
Reset	Causes the <i>Program</i> to transition from the Halted state to the Ready state.

All *Program Control Methods* are defined with their *BrowseName* on the *ProgramStateMachineType* with the *OptionalPlaceholder ModellingRule*. As defined in IEC 62541-3, this rule allows the inclusion of *Arguments* to these *Methods* on subtypes or on instances. For example, a *Start Method* may include an options argument that specifies dynamic options used to determine some program behaviour. The *Method Call* service specified in IEC 62541-4 defines a return status. This return status indicates the success of the *Program Control Method* or a reason for its failure.

4.2.8 Program state transition effects

A *Program's* state transition generally has a cause and also yields an effect. The effect is a by product of a *Program* state transition that can be used by a *Client* to monitor the progress of the *Program*. Effects can be internal or external. An external effect of a state transition is the generation of an *Event* notification. Each *Program* state transition is associated with a unique *Event*. These *Events* reflect the progression and trajectory of the *Program* through its set of defined states. The internal effects of a state transition can be the performance of some programmatic action such as the generation of data.

4.2.9 Program result data

4.2.9.1 Overview

Result data is generated by a running *Program*. The result data can be intermediate or final. Result data may be associated with specific *Program* state transitions.

4.2.9.2 Intermediate result data

Intermediate result data is transient and is generated by the *Program* in conjunction with non-terminal state transitions. The data items that compose the intermediate results are defined in association with specific *Program* state transitions. Their values are relevant only at the transition level.

Each *Program* state transition can be associated with different result data items. Alternately, a set of transitions can share a result data item. Percentage complete is an example of intermediate result data. The value of percentage complete is produced when the state transition occurs and is available to the *Client*.

Clients acquire intermediate result data by subscribing to *Program* state transition *Events*. The *Events* specify the data items for each transition. When the transition occurs, the generated *Event* conveys the result data values captured to the subscribed *Clients*. If no *Client* is monitoring the *Program*, intermediate result data may be discarded.

4.2.9.3 Terminal result data

Terminal result data is the final data generated by the *Program* as it ceases execution. Total execution time, number of widgets produced, and fault condition encountered are examples of terminal result data. When the *Program* enters the terminal state, this result data can be conveyed to the *Client* by the transition *Event*. Terminal result data is also available within the *Program* to be read by a *Client* after the program stops. This data persists until the *Program* Instance is rerun or deleted.

4.2.9.4 Monitoring Programs

Clients can monitor the activities associated with a *Program*'s execution. These activities include the invocation of the management *Methods*, the generation of result data, and the progression of the *Program* through its states. *Audit Events* are provided for *Method Calls* and state transitions. These *Events* allow a record to be maintained of the *Clients* that interacted with any *Program* and the *Program* state transitions that resulted from that interaction.

4.2.10 Program lifetime

4.2.10.1 Overview

Programs can have different lifetimes. Some *Programs* may always be present on a *Server* while others are created and removed. Creation and removal can be controlled by a *Client* or may be restricted to local means.

A *Program* can be *Client* creatable. If a *Program* is *Client* creatable, then the *Client* can add the *Program* to the *Server*. The *Object Create Method* defined in IEC 62541-3 is used to create the *Program* instance. The initial state of the *Program* can be Halted or Ready. Some *Programs*, for example, may require that a resource becomes available after its creation and before it is ready to run. In this case, it would be initialized in the Halted state and transition to Ready when the resource is delivered.

A *Program* can be *Client* removable. If the *Program* is *Client* removable, then the *Client* can delete the *Program* instance from the *Server*. The *DeleteNodes Service* defined in IEC 62541-4 is used to remove the *Program* Instance. The *Program* shall be in a Halted state to be removed. A *Program* may also be auto removable. An auto removable *Program* deletes itself when execution has terminated.

4.2.10.2 Program instances

Programs can be multiple instanced or single instanced. A *Server* can support multiple instances of a *Program* if these *Program* Instances can be run in parallel. For example, the *Program* may define a *Start Method* that has an input argument to specify which resource is acted upon by its *Functions*. Each instance of the *Program* is then started designating use of different resources. The *Client* can discover all instances of a *Program* that are running on a *Server*. Each instance of a *Program* is uniquely identified on the *Server* and is managed independently by the *Client*.

4.2.10.3 Program recycling

Programs can be run once or run multiple times (recycled). A *Program* that is run once will remain in the Halted state indefinitely once it has run. The normal course of action would be to delete it following the inspection of its terminal results.

Recyclable *Programs* may have a limited or unlimited cycle count. These *Programs* may require a reset step to transition from the Halted state to the Ready state. This allows for replenishing resources or reinitializing parameters prior to restarting the *Program*. The *Program Control Method "Reset"* triggers this state transition and any associated actions or effects.

5 Model

5.1 General

The *Program* model extends the *FiniteStateMachineType* and basic *ObjectType* models presented in IEC 62541-5. Each *Program* has a *Type Definition* that is the subtype of the *FiniteStateMachineType*. The *ProgramStateMachineType* describes the *Finite State Machine* model supported by any *Program Invocation* of that type. The *ProgramStateMachineType* also defines the property set that characterizes specific aspects of that *Program's* behaviour such as lifetime and recycling as well as specifying the result data that is produced by the *Program*.

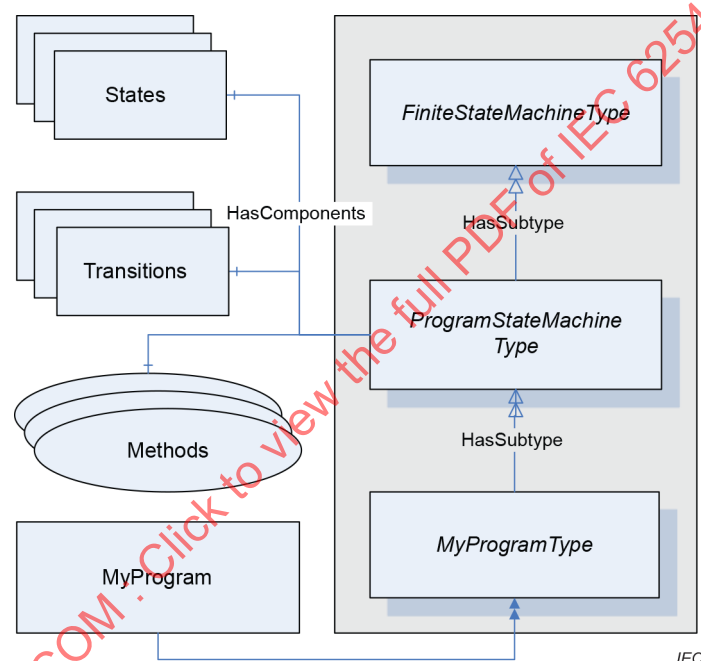


Figure 4 – Program Type

The base *ProgramStateMachineType* defines the standard *Finite State Machine* specified for all *Programs*. This includes the states, transitions, and transition causes (*Methods*) and effects (*Events*). Subtypes of the base *ProgramStateMachineType* can be defined to extend or more specifically characterize the behaviour of an individual *Program* as illustrated with "MyProgramType" in Figure 4.

5.2 ProgramStateMachineType

5.2.1 Overview

The additional properties and components that compose the *ProgramStateMachineType* are listed in Table 5. No *ProgramStateMachineType* specific semantics are assigned to the other base *ObjectType* or *FiniteStateMachineType* Attributes or Properties.

Table 5 – ProgramStateMachineType

Attribute	Value				
	Includes all attributes specified for the FiniteStateMachineType				
BrowseName	ProgramStateMachineType				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasProperty	Variable	Creatable	Boolean	PropertyType	–
HasProperty	Variable	Deletable	Boolean	PropertyType	Mandatory
HasProperty	Variable	AutoDelete	Boolean	PropertyType	Mandatory
HasProperty	Variable	RecycleCount	Int32	PropertyType	Mandatory
HasProperty	Variable	InstanceCount	UInt32	PropertyType	–
HasProperty	Variable	MaxInstanceCount	UInt32	PropertyType	–
HasProperty	Variable	MaxRecycleCount	UInt32	PropertyType	–
HasComponent	Variable	ProgramDiagnostic	ProgramDiagnostic2DataType	ProgramDiagnostic2Type	Optional
HasComponent	Object	Halted		StateType	–
HasComponent	Object	Ready		StateType	–
HasComponent	Object	Running		StateType	–
HasComponent	Object	Suspended		StateType	–
HasComponent	Object	HaltedToReady		TransitionType	–
HasComponent	Object	ReadyToRunning		TransitionType	–
HasComponent	Object	RunningToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Object	RunningToReady		TransitionType	–
HasComponent	Object	RunningToSuspended		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToRunning		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToReady		TransitionType	–
HasComponent	Object	ReadyToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Method	Start			OptionalPlaceholder
HasComponent	Method	Suspend			OptionalPlaceholder
HasComponent	Method	Reset			OptionalPlaceholder
HasComponent	Method	Halt			OptionalPlaceholder
HasComponent	Method	Resume			OptionalPlaceholder
HasComponent	Object	FinalResultData		BaseObjectType	Optional

5.2.2 ProgramStateMachineType Properties

The *Creatable Property* is a boolean that specifies if *Program Invocations* of this *ProgramStateMachineType* can be created by a *Client*. If False, these *Program Invocations* are persistent or may only be created by the *Server*.

The *Deletable Property* is a boolean that specifies if a *Program Invocation* of this *ProgramStateMachineType* can be deleted by a *Client*. If False, these *Program Invocations* can only be deleted by the *Server*.

The *AutoDelete Property* is a boolean that specifies if *Program Invocations* of this *ProgramStateMachineType* are removed by the *Server* when execution terminates. If False, these *Program Invocations* persist on the *Server* until they are deleted by the *Client*. When the *Program Invocation* is deleted, any result data associated with the instance is also removed.

The *RecycleCount Property* is an unsigned integer that specifies the number of times a *Program Invocation* of this type has been recycled or restarted from its starting point (not resumed). Note that the *Reset Method* may be required to prepare a *Program* to be restarted.

The *MaxRecycleCount Property* is an integer that specifies the maximum number of times a *Program Invocation* of this type can be recycled or restarted from its starting point (not resumed). If the value is less than 0, then there is no limit to the number of restarts. If the value is zero, then the *Program* may not be recycled or restarted.

The *InstanceCount Property* is an unsigned integer that specifies the number of *Program Invocations* of this type that currently exist.

The *MaxInstanceCount Property* is an integer that specifies the maximum number of *Program Invocations* of this type that can exist simultaneously on this *Server*. If the value is less than 0, then there is no limit.

5.2.3 ProgramStateMachineType components

5.2.3.1 Overview

The *ProgramStateMachineType* components consist of a set of *References* to the *Object* instances of *StateTypes*, *TransitionTypes*, *EventTypes* and the *Methods* that collectively define the *Program FiniteStateMachine*.

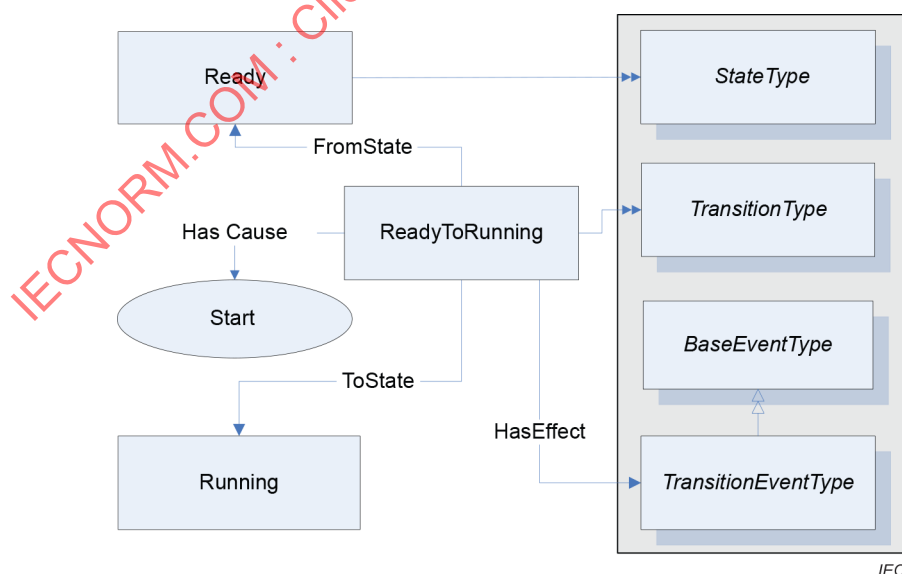


Figure 5 – Program FSM References

Figure 5 illustrates the component *References* that define the associations between two of the *ProgramStateMachineType*'s states, *Ready* and *Running*. The complementary *ReferenceTypes* have been omitted to simplify the illustration.

5.2.3.2 ProgramStateMachineType states

Table 6 specifies the *ProgramStateMachineType*'s state *Objects*. These *Objects* are instances of the *StateType* defined in IEC 62541-5. Each state is assigned a unique *StateNumber* value. Subtypes of the *ProgramStateMachineType* can add references from any state to a subordinate or nested *StateMachine Object* to extend the *FiniteStateMachine*.

Table 6 – Program states

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
States					
Halted	HasProperty	StateNumber	11	PropertyType	
	ToTransition	HaltedToReady		TransitionType	
	FromTransition	RunningToHalted		TransitionType	
	FromTransition	SuspendedToHalted		TransitionType	
	FromTransition	ReadyToHalted		TransitionType	
Ready	HasProperty	StateNumber	12	PropertyType	
	FromTransition	HaltedToReady		TransitionType	
	ToTransition	ReadyToRunning		TransitionType	
	FromTransition	RunningToReady		TransitionType	
	ToTransition	ReadyToHalted		TransitionType	
Running	HasProperty	StateNumber	13	PropertyType	
	ToTransition	RunningToHalted		TransitionType	
	ToTransition	RunningToReady		TransitionType	
	ToTransition	RunningToSuspended		TransitionType	
	FromTransition	ReadyToRunning		TransitionType	
	FromTransition	SuspendedToRunning		TransitionType	
Suspended	HasProperty	StateNumber	14	PropertyType	
	ToTransition	SuspendedToRunning		TransitionType	
	ToTransition	SuspendedToHalted		TransitionType	
	ToTransition	SuspendedToReady		TransitionType	
	FromTransition	RunningToSuspended		TransitionType	

The Halted state is the idle state for a *Program*. It can be an initial state or a terminal state. As an initial state, the *Program Invocation* cannot begin execution due to conditions at the *Server*. As a terminal state, Halted can indicate either a failed or completed *Program*. A subordinate state or result can be used to distinguish the nature of the termination. The Halted state references four *Transition Objects*, which identify the allowed state transitions to the Ready state and from the Ready, Running, and Suspended states.

The Ready state indicates that the *Program* is prepared to begin execution. *Programs* that are ready to begin upon their creation may transition immediately to the Ready state. The Ready state references four *Transition Objects*, which identify the allowed state transitions to the Running and Halted states and from the Halted and Ready states.

The Running state indicates that the *Program* is actively performing its *Function*. The Running state references five *Transition Objects*, which identify the allowed state transitions to the Halted, Ready, and Suspended states and from the Ready and Suspended states.

The Suspended state indicates that the *Program* has stopped performing its *Function*, but retains the ability to resume the *Function* at the point at which it was executing when suspended. The Suspended state references four *Transition Objects*, which identify the allowed state transitions to the Ready, Running, and Halted state and from the Ready state.

5.2.3.3 ProgramStateMachineType transitions

ProgramStateMachineType Transitions are instances of the *TransitionType* defined in IEC 62541-5 which also includes the definitions of the ToState, FromState, HasCause, and HasEffect references used. Table 7 specifies the transitions defined for the *ProgramStateMachineType*. Each transition is assigned a unique *TransitionNumber*. The Notes column indicates when a cause is referencing *Methods* and when effects are optional.

Table 7 – Program transitions

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	Notes
Transitions					
HaltedToReady	HasProperty	TransitionNumber	1	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Halted		StateType	
	HasCause	Reset			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ReadyToRunning	HasProperty	TransitionNumber	2	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Ready		StateType	
	HasCause	Start			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
RunningToHalted	HasProperty	TransitionNumber	3	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Running		StateType	
	HasCause	Halt			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
RunningToReady	HasProperty	TransitionNumber	4	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Running		StateType	
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	Notes
RunningToSuspended	HasProperty	TransitionNumber	5	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Suspend			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToRunning	HasProperty	TransitionNumber	6	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Resume			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToHalted	HasProperty	TransitionNumber	7	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Halt			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToReady	HasProperty	TransitionNumber	8	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Reset			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ReadyToHalted	HasProperty	TransitionNumber	9	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Ready		StateType	
	HasCause	Halt			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

The *HaltedToReady* transition specifies the transition from the Halted to Ready states. It may be caused by the *Reset Method*.

The *ReadyToRunning* transition specifies the transition from the Ready to Running states. It is caused by the *Start Method*.

The *RunningToHalted* transition specifies the transition from the Running to Halted states. It is caused by the *Halt Method*.

The *RunningToReady* transition specifies the transition from the Running to Ready states.

The *RunningToSuspended* transition specifies the Transition from the Running to Suspended states. It is caused by the *Suspend Method*.

The *SuspendedToRunning* transition specifies the transition from the Suspended to Running states. It is caused by the *Resume Method*.

The *SuspendedToHalted* transition specifies the transition from the Suspended to Halted states. It is caused by the *Halt Method*.

The *SuspendedToReady* transition specifies the transition from the Suspended to Ready states. It is caused internally.

The *ReadyToHalted* transition specifies the transition from the Ready to Halted states. It is caused by the *Halt Method*.

Two *HasEffect* references are specified for each *Program* transition. These effects are *Events* of *ProgramTransitionEventType* and *AuditProgramTransitionEventType* defined in 5.2.5. The *ProgramTransitionEventType* notifies *Clients* of the *Program* transition and conveys result data. The *AuditProgramTransitionEventType* is used to audit transitions that result from *Program Control Methods*. The "Audit Server Facet" Profile defined in IEC 62541-7 requires support of the *AuditProgramTransitionEventType*.

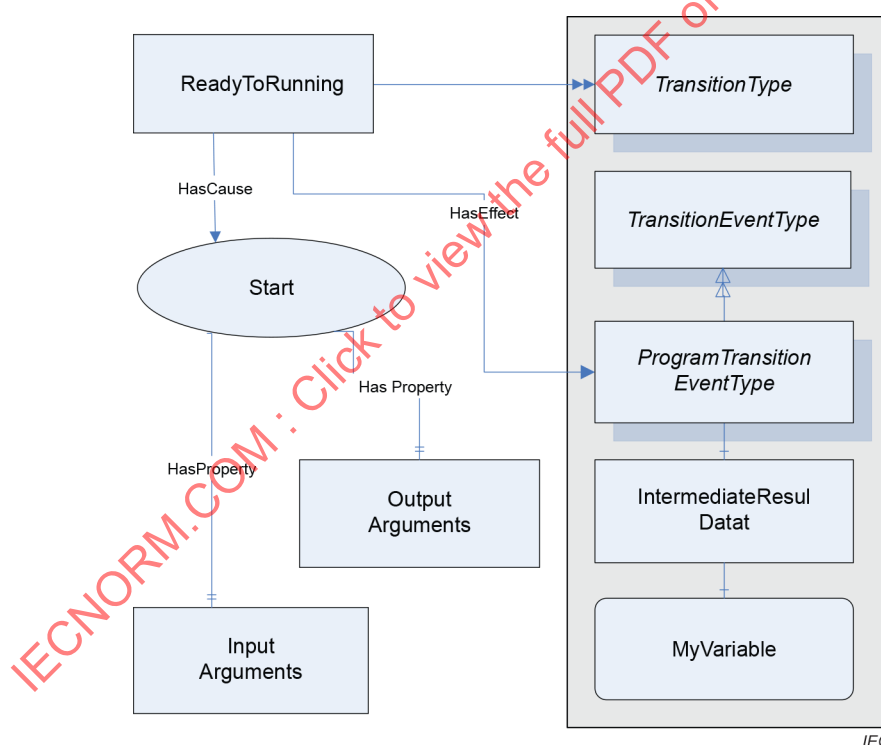


Figure 6 – ProgramStateMachineType causes and effects

5.2.4 ProgramStateMachineType causes (Methods)

5.2.4.1 Overview

The *ProgramStateMachineType* includes references to the Causes of specific *Program* state transitions. These causes refer to *Method* instances. *Programs* that do not support a *Program Control Method* will omit the Causes reference to that *Method* from the *ProgramStateMachineType* references. If a *Method*'s Causes reference is omitted from the *ProgramStateMachineType* then a *Client* cannot cause the associated state transition. The *Method* instances referenced by the *ProgramStateMachineType* identify the *InputArguments*

and *OutputArguments* required for the *Method* calls to *Program Invocations* of that *ProgramStateMachineType*. Table 8 specifies the *Methods* defined as Causes for *ProgramStateMachineTypes*. Figure 6 illustrates the *References* associating the components and *Properties* of *Methods* and *Events* with Program transitions.

Table 8 – ProgramStateMachineType causes

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
Causes					
Start	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Optional
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Optional
Suspend	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Optional
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Optional
Resume	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Optional
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Optional
Halt	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Optional
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Optional
Reset	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Optional
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Optional

The *Start Method* causes the *ReadyToRunning Program* transition.

The *Suspend Method* causes the *RunningToSuspended Program* transition.

The *Resume Method* causes the *SuspendedToRunning Program* transition.

The *Halt Method* causes the *RunningToHalted*, *SuspendedToHalted*, or *ReadyToHalted Program* transition depending on the current state of the *Program*.

The *Reset Method* causes the *HaltedToReady Program* transition.

5.2.4.2 Standard attributes

The *Executable Method* attribute indicates if a method can currently be executed. For *Program Control Methods*, this means that the owning *Program* has a current state that supports the transition caused by the *Method*.

5.2.4.3 Standard properties

Methods can reference a set of *InputArguments*. For each *ProgramStateMachineType*, a set of *InputArguments* may be defined for the supported *Program Control Methods*. The data passed in the arguments supplements the information required by the *Program* to perform its *Function*. All calls to a *Program Control Method* for each *Program Invocation* of that *ProgramStateMachineType* shall pass the specified arguments.

Methods can reference a set of *OutputArguments*. For each *ProgramStateMachineType*, a set of *OutputArguments* is defined for the supported *Program Control Methods*. All calls to a *Program Control Method* for each *Program Invocation* of that *ProgramStateMachineType* shall pass the specified arguments.

5.2.5 ProgramStateMachineType effects (Events)

5.2.5.1 Overview

The *ProgramStateMachineType* includes component references to the Effects of each of the *Program's* state transitions. These Effects are *Events*. Each *Transition* shall have a *HasEffect Reference* to a *ProgramTransitionEventType* and can have an *AuditProgramTransitionEventType*. When the transition occurs, *Event* notifications of the referenced type are generated for subscribed *Clients*. The *Program Invocation* may serve as the *EventNotifier* for these *Events* or an owning *Object* or the *Server Object* may provide the notifications.

ProgramTransitionEventTypes provide the means for delivering result data and confirming state transitions for subscribed *Clients* on each defined *Program State Transition*. The *AuditProgramTransitionEventType* allows the auditing of changes to the *Program's* state in conjunction with *Client Method Calls*.

5.2.5.2 ProgramTransitionEventType

The *ProgramTransitionEventType* is a subtype of the *TransitionEventType*. It is used with *Programs* to acquire intermediate or final results or other data associated with a state transition. A *Program* can have a unique *ProgramTransitionEventType* definition for any transition. Each *ProgramTransitionEventType* specifies the *IntermediateResult* data specific to the designated state transition on that *ProgramStateMachineType*. Each transition can yield different intermediate result data. Table 9 specifies the *ProgramTransitionEventType*.

Table 10 identifies the *ProgramTransitionEventTypes* that are specified for *ProgramStateMachineTypes*.

Table 9 – ProgramTransitionEventType

Attribute	Value				
BrowseName	ProgramTransitionEventType				
IsAbstract	True				
References	NodeClass	BrowseName	DataType	TypeDefinition	ModellingRule
Subtype of the base <i>TransitionEventType</i> defined in IEC 62541-5.					
HasComponent	Object	IntermediateResult		BaseObjectType	Optional

TransitionNumber identifies the *Program* transition that triggered the *Event*.

FromStateNumber identifies the state before the *Program* transition.

ToStateNumber identifies the state after the *Program* transition.

The *IntermediateResult* is an *Object* that aggregates a set of *Variables* whose values are relevant for the *Program* at the instant of the associated transition. The *ObjectType* for the *IntermediateResult* specifies the collection of *Variables* using a set of *HasComponent References*.

Table 10 – ProgramTransitionEvents

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	Notes
Effects					
HaltedToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	1	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	1	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
ReadyToRunningEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	3	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
RunningToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
RunningToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
RunningToSuspendedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	5	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	4	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
SuspendedToRunningEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	6	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	3	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
SuspendedToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	7	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	Notes
SuspendedToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	8	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional
ReadyToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	9	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Optional

5.2.6 AuditProgramTransitionEventType

The *AuditProgramTransitionEventType* is a subtype of the *AuditUpdateStateEventType*. It is used with *Programs* to provide a means to audit the *Program State* transitions associated with any *Client* invoked *Program Control Method*. Servers shall generate *AuditProgramTransitionEvents* if they support the *Audit Server Facet Profile* defined in IEC 62541-7.

Table 11 specifies the definition of the *AuditProgramTransitionEventType*.

Table 11 – AuditProgramTransitionEventType

Attribute	Value				
BrowseName	AuditProgramTransitionEventType				
IsAbstract	True				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	ModellingRule
Subtype of the <i>AuditUpdateStateEventType</i> defined in IEC 62541-5.					
HasProperty	Variable	TransitionNumber	UInt32	PropertyType	Mandatory

This *EventType* inherits all *Properties* of the *AuditUpdateStateEventType* defined in IEC 62541-5, except as noted below.

The *Status Property*, specified in IEC 62541-5, identifies whether the state transition resulted from a *Program Control Method* call (set *Status* to TRUE) or not (set *Status* to FALSE).

The *SourceName*, specified in IEC 62541-5, identifies the *Method* causing the *Program* transition when it is the result of a *Client* invoked *ProgramControlMethod*. The *SourceName* is prefixed with "Method/" and the name of the *ProgramControlMethod*, "Method/Start" for example.

The *ClientUserId Property*, specified in IEC 62541-5, identifies the user of the *Client* that issued the *Program Control Method* if it is associated with this *Program* state transition.

The *ActionTimeStamp Property*, specified in IEC 62541-5 "AuditEventType", identifies when the time the *Program* state transition that resulted in the *Event* being generated occurred.

The *TransitionNumber Property* is a *Variable* that identifies the transition that triggered the *Event*.

5.2.7 FinalResultData

The *FinalResultData ObjectType* specifies the *VariableTypes* that are preserved when the *Program* has completed its *Function*. The *ObjectType* includes a *HasComponent* for a *VariableType* of each *Variable* that comprises the final result data.

5.2.8 ProgramDiagnostic2 DataType

This structure contains elements that chronicle the *Program Invocation's* activity and can be used to aid in the diagnosis of *Program* problems.

NOTE The original ProgramDiagnosticDataType had flaws. To avoid collisions with existing implementations, a new version with name ProgramDiagnostic2DataType has been created.

Its composition is defined in Table 12.

Table 12 – ProgramDiagnostic2DataType structure

Name	Type	Description
ProgramDiagnostic2DataType	structure	
createSessionId	NodeId	The <i>CreateSessionId</i> contains the <i>SessionId</i> of the <i>Session</i> on which the call to the <i>Create Method</i> was issued to create the <i>Program Invocation</i> .
createClientName	String	The <i>CreateClientName</i> is the name of the <i>Client</i> of the <i>Session</i> that created the <i>Program Invocation</i> .
invocationCreationTime	UtcTime	The <i>InvocationCreationTime</i> identifies the time the <i>Program Invocation</i> was created.
lastTransitionTime	UtcTime	The <i>LastTransitionTime</i> identifies the time of the last <i>Program</i> state transition that occurred.
lastMethodCall	String	The <i>LastMethodCall</i> identifies the last <i>Program Method</i> called on the <i>Program Invocation</i> .
lastMethodSessionId	NodeId	The <i>LastMethodSessionId</i> contains the <i>SessionId</i> of the <i>Session</i> on which the last <i>Program Control Method</i> call to the <i>Program Invocation</i> was issued.
lastMethodInputArguments	Argument[]	The <i>LastMethodInputArguments</i> provides the input arguments on the last <i>Program Method</i> call.
lastMethodOutputArguments	Argument[]	The <i>LastMethodOutputArguments</i> provides the output arguments on the last <i>Program Method</i> call.
lastMethodInputValues	BaseDataType[]	The <i>LastMethodInputValues</i> preserves the values of the input arguments on the last <i>Program Method</i> call. The size and order of this list matches the size and order of the <i>lastMethodInputArguments</i> field.
lastMethodOutputValues	BaseDataType[]	The <i>LastMethodOutputValues</i> preserves the values of the output arguments on the last <i>Program Method</i> call. The size and order of this list matches the size and order of the <i>lastMethodOutputArguments</i> field.
lastMethodCallTime	UtcTime	The <i>LastMethodCallTime</i> identifies the time of the last <i>Method</i> call to the <i>Program Invocation</i> .
lastMethodReturnStatus	StatusCode	The <i>LastMethodReturnStatus</i> preserves the value of the return status for the last <i>Program Control Method</i> requested for <i>this Program Invocation</i> .

Its representation in the *AddressSpace* is defined in Table 13.

Table 13 – ProgramDiagnostic2DataType definition

Attributes	Value
BrowseName	ProgramDiagnostic2DataType

5.2.9 ProgramDiagnostic2Type VariableType

This *VariableType* aggregates simple *Variables* using simple *DataTypes* that reflect the elements of the ProgramDiagnosticDataType structure. Its *DataVariables* have the same semantic as defined in in 5.2.8.

NOTE The original ProgramDiagnosticType VariableType had the same flaws as the structure. To avoid collisions with existing implementations, a new version with name ProgramDiagnostic2Type has been created.

The *VariableType* is formally defined in Table 14.

Table 14 – ProgramDiagnostic2Type VariableType

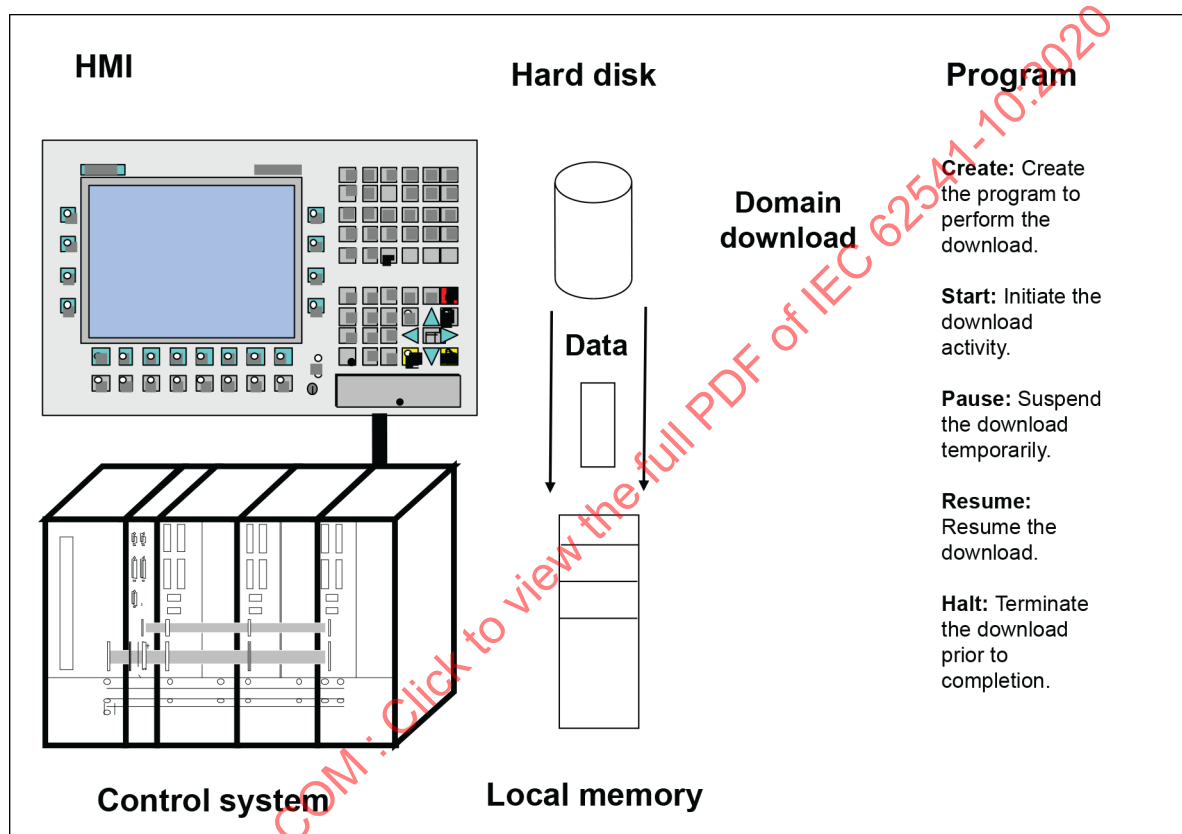
Attribute	Value			
BrowseName	ProgramDiagnostic2Type			
IsAbstract	False			
References	NodeClass	BrowseName	DataType / TypeDefinition	Modelling Rule
Subtype of the BaseDataVariableType defined in IEC 62541-5.				
HasComponent	Variable	CreateSessionId	NodeId	Mandatory
HasComponent	Variable	CreateClientName	String	Mandatory
HasComponent	Variable	InvocationCreationTime	UtcTime	Mandatory
HasComponent	Variable	LastTransitionTime	UtcTime	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodCall	String	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodSessionId	NodeId	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodInputArguments	Argument[]	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodOutputArguments	Argument[]	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodInputValues	BaseDataType[]	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodOutputValues	BaseDataType[]	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodCallTime	UtcTime	Mandatory
HasComponent	Variable	LastMethodReturnStatus	StatusCode	Mandatory

Annex A (informative)

Program example

A.1 Overview

This example illustrates the use of a *Program* to manage a domain download into a control system as depicted in Figure A.1. The download requires the segmented transfer of control operation data from a secondary storage device to the local memory within a control system.



IEC

Figure A.1 – Program example

The domain download has a source and a target location which are identified when the download is initiated. Each time a segment of the domain is successfully transferred the *Client* is notified and informed of the amount of data that has been downloaded. The *Client* is also notified when the download is finished. The percentage of the total data received is reported periodically while the download continues. If the download fails, the cause of the failure is reported. At the completion of the download, the performance information is kept at the *Server*.

A.2 DomainDownload Program

A.2.1 General

The *Client* uses the "DomainDownload" *Program* to manage and monitor the download of a domain at the *Server*.

A.2.2 DomainDownload states

The basic state model for the DomainDownload *Program* is presented in Figure A.2. The *Program* has three primary states, Ready, Running, and Halted which are aligned with the standard states of a *ProgramStateMachineType*. Additionally, the *DomainDownloadType* extends the *ProgramStateMachineType* by defining subordinate *State Machines* for the *Program*'s Running and Halted states. The subordinate states describe the download operations in greater detail and allow the *Client* to monitor the activity of the download at a finer resolution.

An instance (*Program Invocation*) of a DomainDownload *Program* is created by the *Client* each time a download is to be performed. The instance exists until explicitly removed by the *Client*. The initial state of the *Program* is Ready and the terminal state is Halted. The DomainDownload can be temporarily suspended and then resumed or aborted. Once halted, the program may not be restarted.

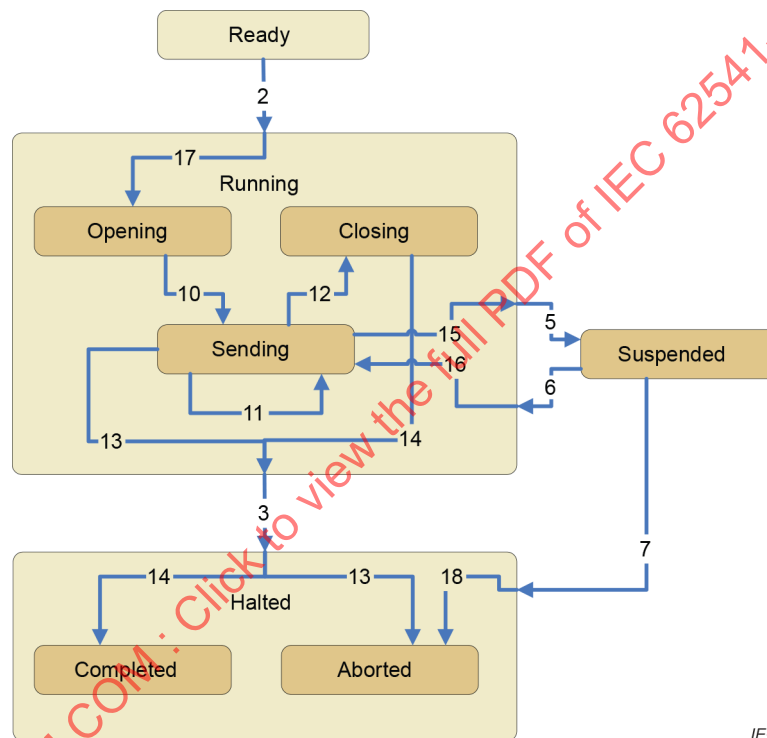


Figure A.2 – DomainDownload state diagram

The sequence of state transitions is illustrated in Figure A.2. Once the download is started, The *Program* progresses to the Opening state. After the source of the data is opened, a sequence of transfers occurs in the Sending state. When the transfer completes the *Objects* are closed in the Closing state. If the transfer is terminated before all of the data is downloaded or an error is encountered then the download is halted and the *Program* transitions to the Aborted state; otherwise the *Program* halts in the Completed state. The states are presented in Table A.1 along with the state transitions.

A.2.3 DomainDownload transitions

The valid state transitions specified for the DomainDownload *Program* are specified in Table A.1. Each of the transitions defines a start state and end state for the transition and is identified by a unique number. Five of the transitions are from the base *ProgramStateMachineType* and retain the transition identifier numbers specified for *Programs*. The additional transitions relate the base *Program* states with the subordinate states defined for the DomainDownload. These states have been assigned unique transition identifier numbers that distinguish them from the base *Program* transition identifiers. In cases

where transitions occur between substates and the *Program's* base states, two transitions are specified. One transition identifies the base state change and a second substate change. For example, ReadyToRunning and ToOpening occur at the same time.

Table A.1 also specifies the defined states, causes for the transitions, and the effects of each transition. *Program Control Methods* are used by the *Client* to "run" the DomainDownload. The *Methods* cause or trigger the specified transitions. The transition effects are the specified *EventTypes* which notify the *Client* of *Program* activity.

Table A.1 – DomainDownload states

No.	Transition name	Cause	From State	To State	Effect
2	ReadyToRunning	Start Method	Ready	Running	Report Transition 2 Event/Result
3	RunningToHalted	Halt Method/Error or Internal.	Running	Halted	Report Transition 3 Event/Result
5	RunningToSuspended	Suspend Method	Running	Suspended	Report Transition 5 Event/Result
6	SuspendedToRunning	Resume Method	Suspended	Running	Report Transition 6 Event/Result
7	SuspendedToHalted	Halt Method	Suspended	Halted	Report Transition 7 Event/Result
10	OpeningToSending	Internal	Opening	Sending	Report Transition 10 Event/Result
11	SendingToSending	Internal	Sending	Sending	Report Transition 11 Event/Result
12	SendingToClosing	Internal	Sending	Closing	Report Transition 12 Event/Result
13	SendingToAborted	Halt Method/Error	Opening	Aborted	Report Transition 13 Event/Result
14	ClosingToCompleted	Internal	Closing	Completed	Report Transition 14 Event/Result
15	SendingToSuspended	Suspend Method	Sending	Suspended	Report Transition 16 Event/Result
16	SuspendedToSending	Resume Method	Suspended	Sending	Report Transition 17 Event/Result
18	SuspendedToAborted	Halt Method	Suspended	Aborted	Report Transition 18 Event/Result
17	ToOpening	Internal	Ready	Opening	Report Transition 19 Event/Result

A.2.4 DomainDownload Methods

A.2.4.1 General

Four standard *Program Methods* are specified for running the DomainDownload *Program*, *Start*, *Suspend*, *Resume*, and *Halt*. No additional *Methods* are specified. The base behaviours of these *Methods* are defined by the *ProgramStateMachineType*. The *Start Method* initiates the download activity and passes the source and destination locations for the transfer. The *Suspend Method* is used to pause the activity temporarily. The *Resume Method* reinitiates the download, when paused. The *Halt Method* aborts the download. Each of the *Methods* causes a *Program* state transition and a substate transition. The specific state transition depends on the current state at the time the *Method* is called. If a *Method Call* is made when the DomainDownload is in a state for which that *Method* has no associated transition, the *Method* returns an error status indicating invalid state for the *Method*.

A.2.4.2 Method Arguments

The *Start Method* specifies three input arguments to be passed when it is called: Domain Name, DomainSource, and DomainDestination. The other *Methods* require no input arguments. No output arguments are specified for the DomainDownload *Methods*. The resultant error status for the *Program* is part of the *Call Service*.

A.2.5 DomainDownload Events

A.2.5.1 General

A *ProgramTransitionEventType* is specified for each of the DomainDownload *Program* transitions. The *EventTypes* trigger a specific *Event* notification to the *Client* when the associated state transition occurs in the running *Program* Instance. The *Event* notification identifies the transition. The SendingToSending state transition also includes intermediate result data.

A.2.5.2 Event information

The SendingToSending *Program* transition *Event* relays intermediate result data to the *Client* along with the notification. Each time the transition occurs, data items describing the amount and percentage of data transferred are sent to the *Client*.

A.2.5.3 Final result data

The DomainDownload *Program* retains final result data following a completed or aborted download. The data includes the total transaction time and the size of the domain. In the event of an aborted download, the reason for the termination is retained.

A.2.6 DomainDownload model

A.2.6.1 Overview

The OPC UA model for the DomainDownload *Program* is presented in A.2.6.2. Collectively they define the components that constitute this *Program*. For clarity, the figures present a progression of portions of the model that complement the contents of the tables and illustrate the *Program*'s composition.

The type definition for the DomainDownload *Program* precisely represents the behaviour of the *Program* in terms of OPC UA components. These components can be browsed by a *Client* to interpret or validate the actions of the *Program*.

A.2.6.2 DomainDownloadType

The DomainDownloadType is a subtype derived from the *ProgramStateMachineType*. It specifies the use or non-use of optional *ProgramStateMachineType* components, valid extensions such as subordinate *State Machines*, and constrained attribute values applied to instances of DomainDownload *Programs*.

Table A.2 specifies the optional and extended components defined by the DomainDownload Type. Note the references to two sub *State Machine Types*, *TransferStateMachine* and *FinishStateMachine*. The DomainDownloadType omits references to the *Reset Program Control Method* and its associated state transition (HaltedToReady), which it does not support.

Table A.2 – DomainDownload Type

Attribute	Value				
	Includes all non-optional attributes specified for the <i>ProgramStateMachineType</i>				
BrowseName	DomainDownloadType				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasComponent	Object	TransferStateMachine		StateMachineType	Mandatory
HasComponent	Object	FinishStateMachine		StateMachineType	Mandatory
HasComponent	Variable	ProgramDiagnostic		ProgramDiagnostic2Type	Mandatory
HasComponent	Object	ReadyToRunning		TransitionType	
HasComponent	Object	RunningToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Object	RunningToSuspended		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToRunning		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Method	Start			Mandatory
HasComponent	Method	Suspend			Mandatory
HasComponent	Method	Halt			Mandatory
HasComponent	Method	Resume			Mandatory
HasComponent	Object	FinalResultData		BaseObjectType	Mandatory

Table A.3 specifies the *Transfer State Machine* type that is a sub *State Machine* of the DomainDownload *Program Type*. This definition identifies the *StateTypes* that compose the substates for the *Program's Running StateType*.

Table A.3 – Transfer State Machine Type

Attribute	Value				
	Includes all attributes specified for the <i>FiniteStateMachineType</i>				
BrowseName	<i>TransferStateMachineType</i>				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasComponent	Object	Opening		StateType	–
HasComponent	Object	Sending		StateType	–
HasComponent	Object	Closing		StateType	–
HasComponent	Object	ReadyToOpening		TransitionType	–
HasComponent	Object	OpeningToSending		TransitionType	–
HasComponent	Object	SendingToClosing		TransitionType	–
HasComponent	Object	SendingToAborted		TransitionType	–
HasComponent	Object	SendingToSuspended		TransitionType	–
HasComponent	Object	SuspendedToSending		TransitionType	–
HasComponent	Method	Start			Mandatory
HasComponent	Method	Suspend			Mandatory
HasComponent	Method	Halt			Mandatory
HasComponent	Method	Resume			Mandatory

Table A.3 specifies the *StateTypes* associated with the Transfer State Machine Type. All of these states are substates of the *Running* state of the base *ProgramStateMachineType*.

The Opening state is the preparation state for the domain download.

The Sending state is the activity state for the transfer in which the data is moved from the source to destination.

The Closing state is the cleanup phase of the download.

Table A.4 defines the states of the *TransferStateMachineType*.

Table A.4 – Transfer State Machine – states

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
States					
Opening	HasProperty	StateNumber	5	PropertyType	
	ToTransition	OpeningToSending		TransitionType	
	FromTransition	ToOpening		TransitionType	
	ToTransition	OpeningToSending		TransitionType	
Sending	HasProperty	StateNumber	6	PropertyType	
	FromTransition	OpeningToSending		TransitionType	
	ToTransition	SendingToSending		TransitionType	
	ToTransition	SendingToClosing		TransitionType	
	ToTransition	SendingToSuspended		TransitionType	
	FromTransition	ToSending		TransitionType	
Closing	HasProperty	StateNumber	7	PropertyType	
	ToTransition	ClosingToCompleted		TransitionType	
	ToTransition	ClosingToAborted		TransitionType	
	FromTransition	SendingToClosing		TransitionType	

Table A.5 specifies the *Finish State Machine Type* that is a substate machine of the *DomainDownload ProgramStateMachineType*. This definition identifies the *StateTypes* that compose the substates for the *Program's Halted StateType*.

Table A.5 – Finish State Machine Type

Attribute	Value				
	Includes all attributes specified for the <i>FiniteStateMachineType</i>				
BrowseName	TransferStateMachineType				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasComponent	Object	Completed		StateType	–
HasComponent	Object	Aborted		StateType	–

Table A.6 specifies the *StateTypes* associated with the *Finish State Machine Type*. Note these are final states and that they have no associated transitions between them.

Table A.6 – Finish State Machine – states

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
States					
Aborted	HasProperty	StateNumber	8	PropertyType	
	FromTransition	OpeningToAborted		TransitionType	
	FromTransition	ClosingToAborted		TransitionType	
Completed	HasProperty	StateNumber	9	PropertyType	
	FromTransition	ClosingToCompleted		TransitionType	

The Aborted state is the terminal state that indicates an incomplete or failed domain download operation.

The Completed state is the terminal state that indicates a successful domain download.

Table A.7 specifies the constraining behaviour of a DomainDownload.

Table A.7 – DomainDownload Type Property Attributes variable values

NodeClass	BrowseName	Data Type	Data Value	Modelling Rule
Variable	Creatable	Boolean	True	–
Variable	Deletable	Boolean	True	Mandatory
Variable	AutoDelete	Boolean	False	Mandatory
Variable	RecycleCount	Int32	0	Mandatory
Variable	InstanceCount	UInt32	PropertyType	–
Variable	MaxInstanceCount	UInt32	500	–
Variable	MaxRecycleCount	UInt32	0	–

A DomainDownload *Program Invocation* can be created and also destroyed by a *Client*. The *Program Invocation* will not delete itself when halted, but will persist until explicitly removed by the *Client*. A DomainDownload *Program Invocation* cannot be reset to restart. The *Server* will support up to 500 concurrent DomainDownload *Program Invocations*.

Figure A.3 presents a partial DomainDownloadType model that illustrates the association between the states and the DomainDownload, Transfer, and Finish State Machines. Note that the current state number for the substate machines is only valid when the DomainDownload active base state references the substate machine, Running for the Transfer current state and Halted for the Finish current state.

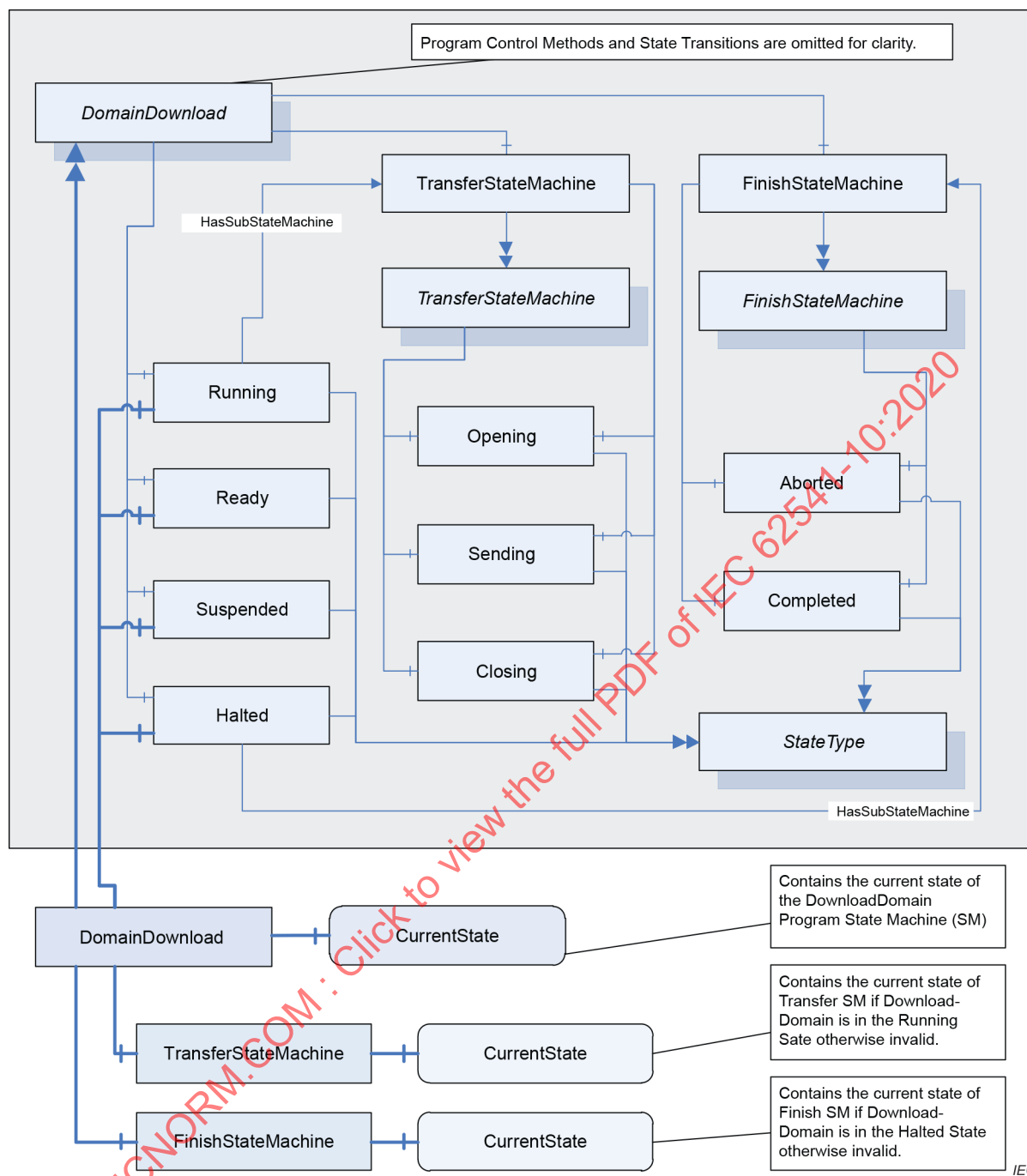


Figure A.3 – DomainDownloadType partial state model

Table A.8 specifies the *ProgramTransitionTypes* that are defined in addition to the *ProgramTransitionTypes* specified for *Programs* in Table 7. These types associate the Transfer and Finish substate machine states with the states of the base *Program*.

Table A.8 – Additional DomainDownload transition types

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
Transitions					
ToSending	HasProperty	TransitionNumber	10	PropertyType	
	ToState	Sending		StateType	
	FromState	Opening		StateType	
	HasCause	Start			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SendingToSending	HasProperty	TransitionNumber	11	PropertyType	
	ToState	Sending		StateType	
	FromState	Sending		StateType	
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
SendingToClosing	HasProperty	TransitionNumber	12	PropertyType	
	ToState	Closing		StateType	
	FromState	Sending		StateType	
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
SendingToAborted	HasProperty	TransitionNumber	13	PropertyType	
	ToState	Aborted		StateType	
	FromState	Sending		StateType	
	HasCause	Halt			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ClosingToCompleted	HasProperty	TransitionNumber	14	PropertyType	
	ToState	Completed		StateType	
	FromState	Closing		StateType	
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
SendingToSuspended	HasProperty	TransitionNumber	15	PropertyType	
	ToState	Suspended		StateType	
	FromState	Sending		StateType	
	HasCause	Suspend			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

BrowseName	References	Target BrowseName	Value	Target TypeDefinition	NOTES
Transitions					
SuspendedToSending	HasProperty	TransitionNumber	16	PropertyType	
	ToState	Sending		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Resume			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToAborted	HasProperty	TransitionNumber	18	PropertyType	
	ToState	Aborted		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Halt			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ReadyToOpening	HasProperty	TransitionNumber	17	PropertyType	
	ToState	Opening		StateType	
	FromState	Ready		StateType	
	HasCause	Start			Method
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

Figure A.4 through Figure A.10 illustrate portions of the DomainDownloadType model. In each figure, the referenced states, *Methods*, transitions, and *EventTypes* are identified for one or two state transitions.

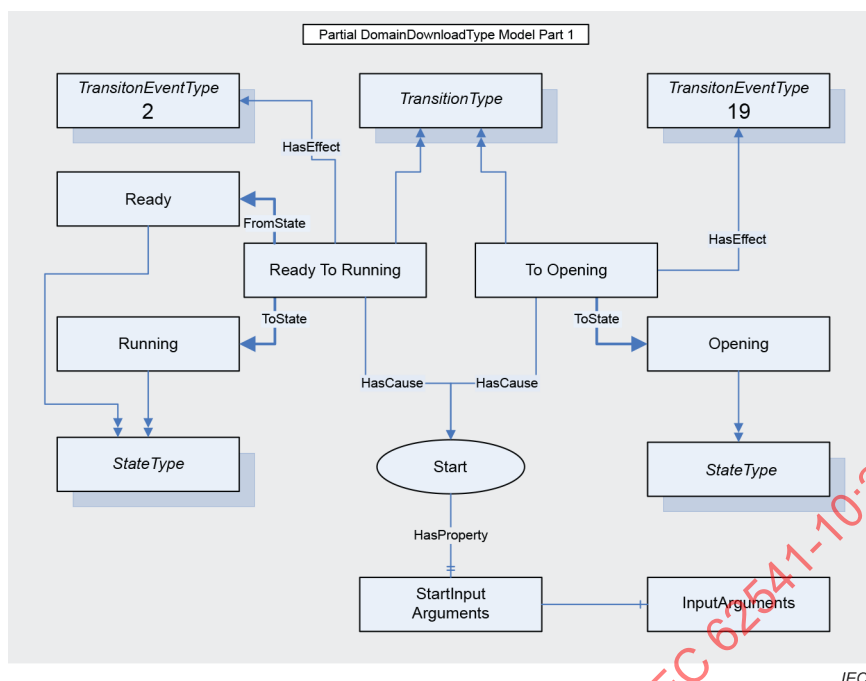


Figure A.4 – Ready To Running model

Figure A.4 illustrates the model for the ReadyToRunning *Program* transition. The transition is caused by the *Start Method*. The *Start Method* requires three input arguments. The *Method Call* service is used by the *Client* to invoke the *Start Method* and pass the arguments. When successful, the *Program Invocation* enters the Running state and the subordinate Transfer Opening state. The *Server* issues two *Event* notifications, ReadyToRunning (2), and ToOpening (19).

Table A.9 – Start Method additions

Attribute	Value				
BrowseName	Start				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	ModellingRule
HasProperty	Variable	InputArgument	Argument[]	PropertyType	–

Table A.9 specifies that the *Start Method* for the *DomainDownloadType* requires input arguments. Table A.10 identifies the *Start Arguments* required.

Table A.10 – StartArguments

Name	Type	Value
Argument 1	structure	
name	String	SourcePath
dataType	NodeId	StringNodeId
valueRank	Int32	-1 (-1 = scalar)
arrayDimensions	UInt32[]	null
description	LocalizedText	The source specifier for the domain
Argument 2	structure	
Name	String	DestinationPath
dataType	NodeId	StringNodeId
valueRank	Int32	-1 (-1 = scalar)
arrayDimensions	UInt32[]	null
description	LocalizedText	The destination specifier for the domain
Argument 3	structure	
name	String	DomainName
dataType	NodeId	StringNodeId
arrayDimensions	UInt32[]	null
valueRank	Int32	-1 (-1 = scalar)
description	LocalizedText	The name of the domain

Figure A.5 illustrates the model for the Opening To Sending and the Sending to Closing *Program* transitions. As specified in the transition table, these state transitions require no *Methods* to occur, but rather are driven by the internal actions of the *Server*. *Events* are generated for each state transition (10 to 12), when they occur.

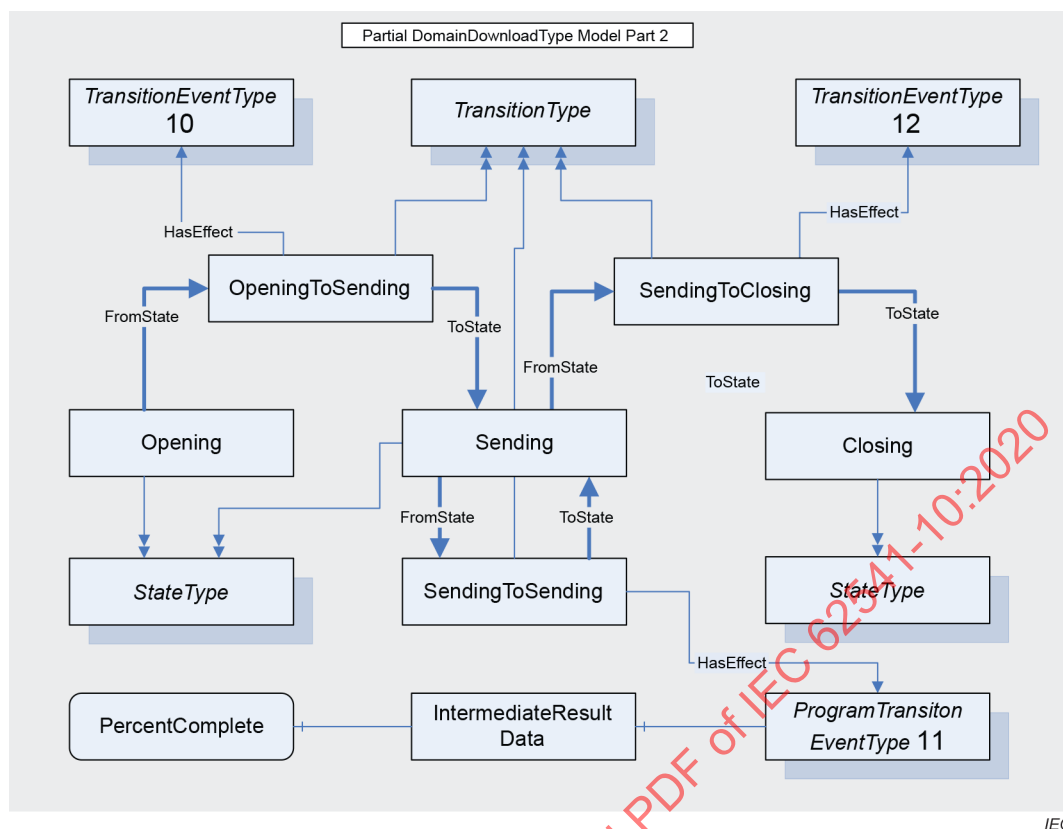


Figure A.5 – Opening To Sending To Closing model

Notice that a state transition can initiate and terminate at the same state (Sending). In this case the transition serves a purpose. The *ProgramTransitionEventType* effect referenced by the *SendingToSending* state transition has an *IntermediateResultData* Object Reference. The *IntermediateResultData* Object serves to identify two Variables whose values are obtained each time the state transition occurs. The values are sent to the Client with the Event notification. Table A.11 defines the *IntermediateResults* ObjectType and Table A.12 defines the Variables of the ObjectType.

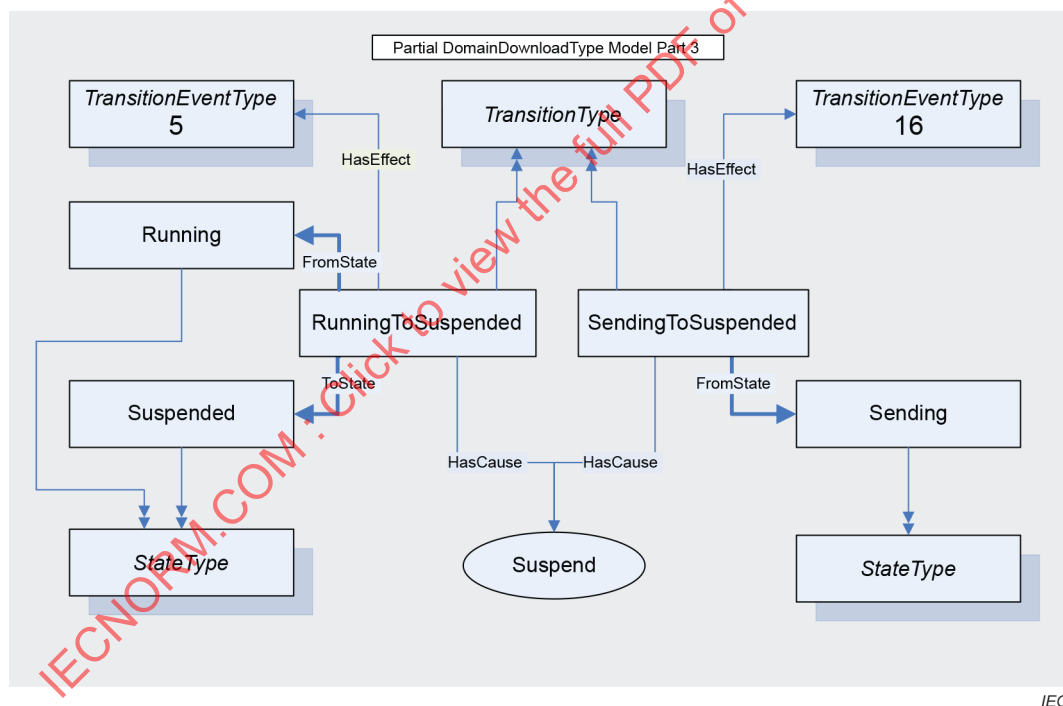
Table A.11 – IntermediateResults Object

Attribute	Value				
	Includes all attributes specified for the ObjectType				
BrowseName	IntermediateResults				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasComponent	Variable	AmountTransferred	Long	VariableType	Mandatory
HasComponent	Variable	PercentageTransferred	Long	VariableType	Mandatory

Table A.12 – Intermediate result data Variables

Intermediate Result Variables	Type	Value
Variable 1	Structure	
Name	String	AmountTransferred
dataType	NodeId	StringNodeId
description	LocalizedText	Bytes of domain data transferred.
Variable 2	Structure	
Name	String	PercentageTransferred
dataType	NodeId	StringNodeId
description	LocalizedText	Percentage of domain data transferred.

The model for the Running To Suspended state transition is illustrated in Figure A.6. The cause for this transition is the *Suspend Method*. The *Client* can pause the download of domain data to the control. The transition from Running to Suspended invokes the *Event* generation for *TransitionEventTypes* 5 and 16. Note that there is no longer a valid current state for the Transfer State Machine.

**Figure A.6 – Running To Suspended model**

The model for the SuspendedToRunning state transition is illustrated in Figure A.7. The cause for this transition is the *Resume Method*. The *Client* can resume the download of domain data to the control. The transition from Suspended to Running generates the *Event* for *TransitionEventTypes* 6 and 17. Now that the Running state is active, the Sending state of the Transfer State Machine is again specified for the *CurrentStateNumber*.

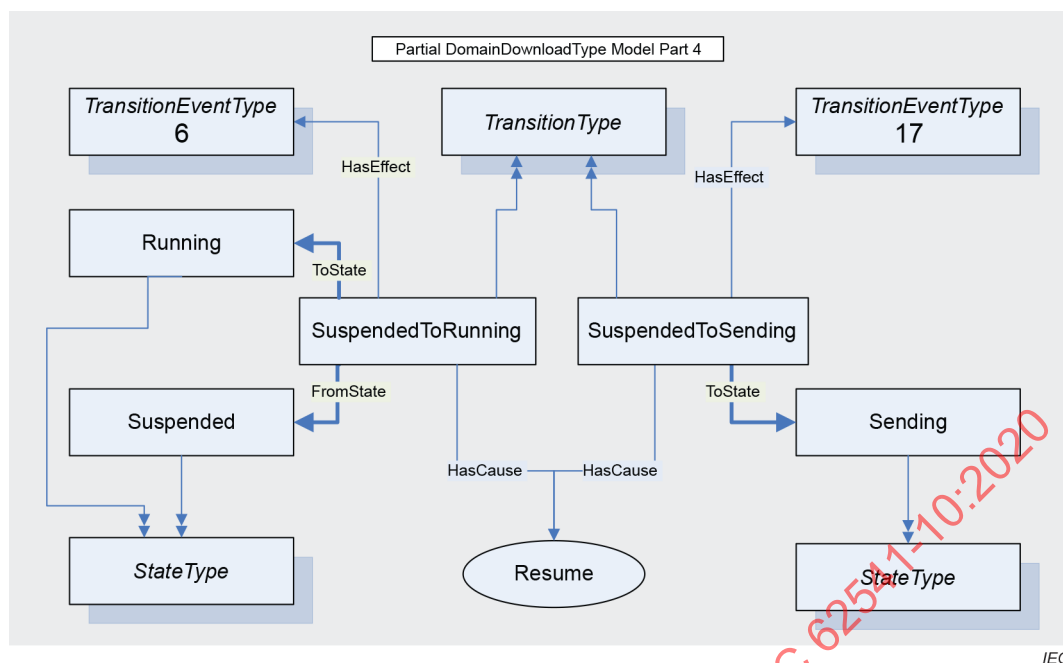


Figure A.7 – Suspended To Running model

The model for the Running To Halted state transition for an abnormal termination of the domain download is illustrated in Figure A.8. The cause for this transition is the *Halt Method*. The *Client* can terminate the download of domain data to the control. The transition from Running To Halted generates the *Event* for *TransitionEventTypes* 3 and 15. The *TransitionEventType* 15 indicates the transition from the Sending state as the Running State ends and then to the Aborted state as the Halted state is entered.

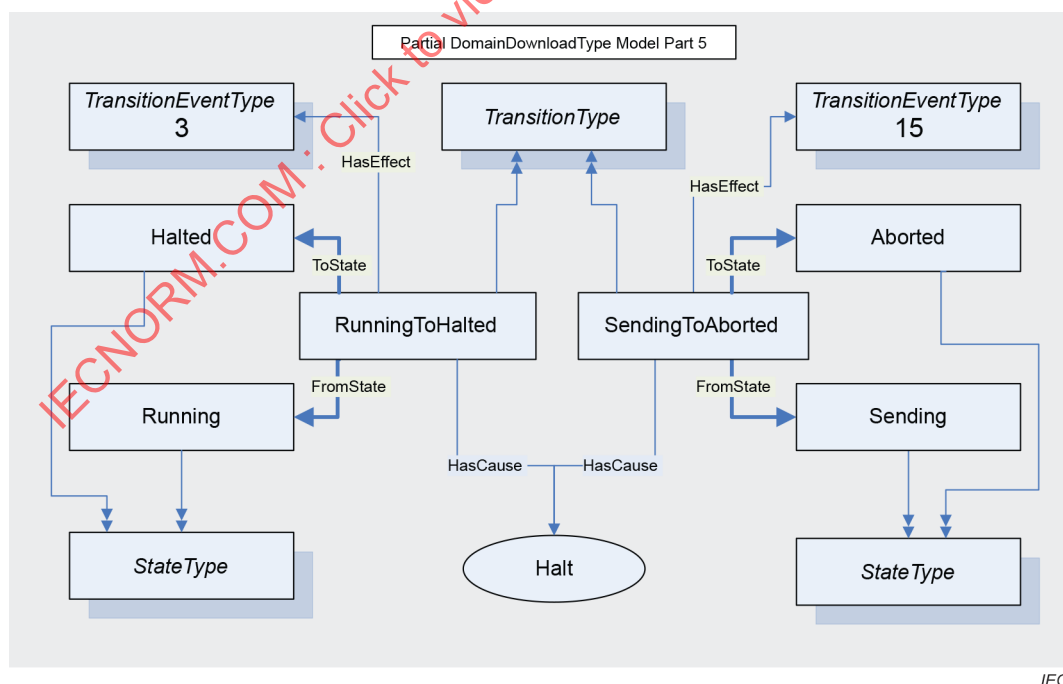


Figure A.8 – Running To Halted – Aborted model

Figure A.9 illustrates the model for the Suspended To Halted state transition for an abnormal termination of the domain download. The cause for this transition is the *Halt Method*. The *Client* can terminate the download of domain data to the control while it is suspended. The

transition from SuspendedToHalted invokes the *Event* notifiers for *TransitionEventTypes* 7 and 18.

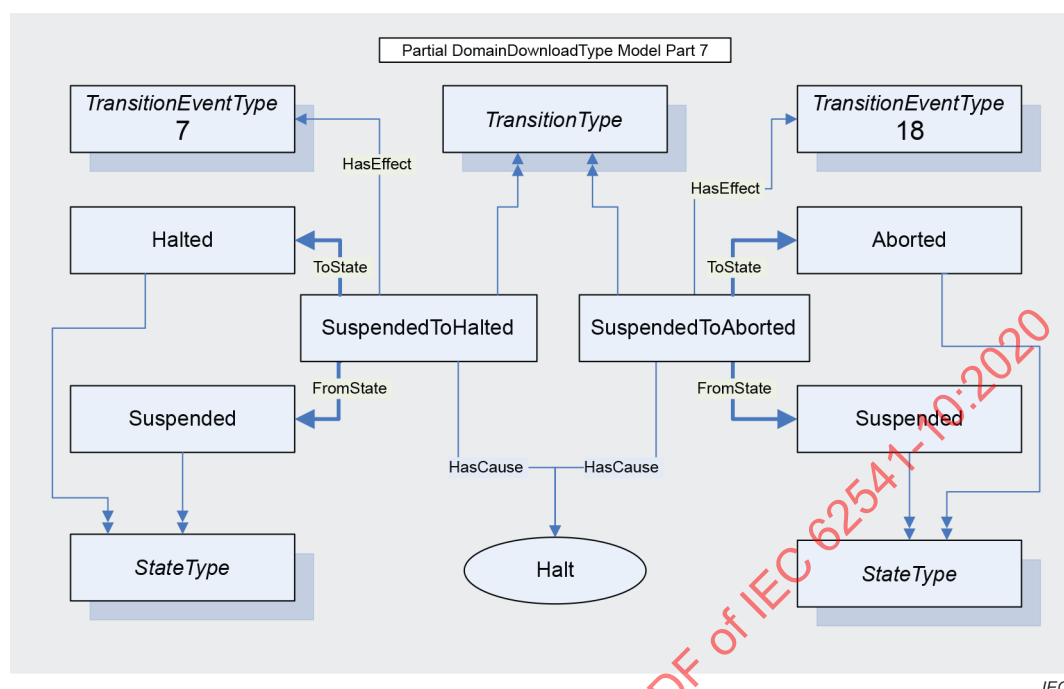


Figure A.9 – Suspended To Aborted model

The model for the Running To Completed state transition for a normal termination of the domain download is illustrated in Figure A.10. The cause for this transition is internal. The transition from Closing To Halted generates the Event for *TransitionEventTypes* 3 and 14. The *TransitionEventType* 14 indicates the transition from the Closing state as the Running state ends and then to the Completed state as the Halted state is entered.

The DomainDownloadType includes a component reference to a *FinalResultData Object*. This *Object* references *Variables* that persists information about the domain download once it has completed. This data can be read by *Clients* who are not subscribed to *Event* notifications. The result data is described in Table A.13.

Table A.13 – FinalResultData

Attribute	Value				
	Includes all attributes specified for the ObjectType				
BrowseName	FinalResultData				
IsAbstract	False				
References	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	Modelling Rule
HasComponent	Variable	DownloadPerformance	Double	VariableType	Mandatory
HasComponent	Variable	FailureDetails	String	VariableType	Mandatory

The Domain Download net transfer data rate and detailed reason for aborted downloads are retained as final result data for each *Program Invocation*.

DownloadPerformance provides the data rate in seconds for domain data transferred.

FailureDetails provides a descriptive reason for an abort.

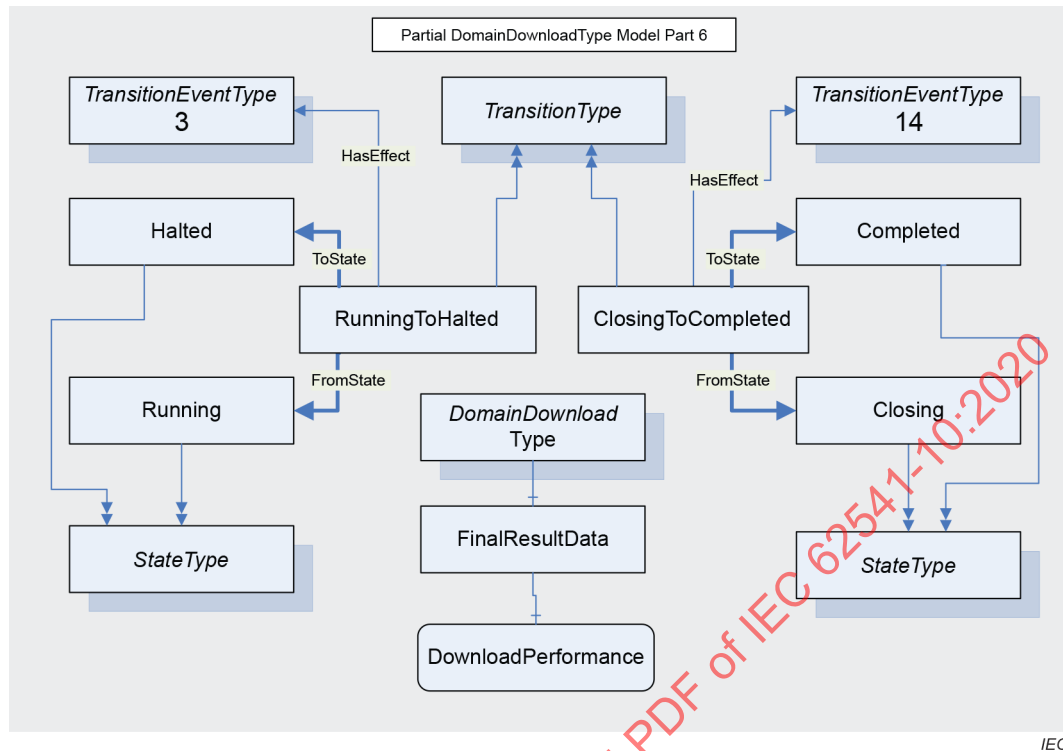
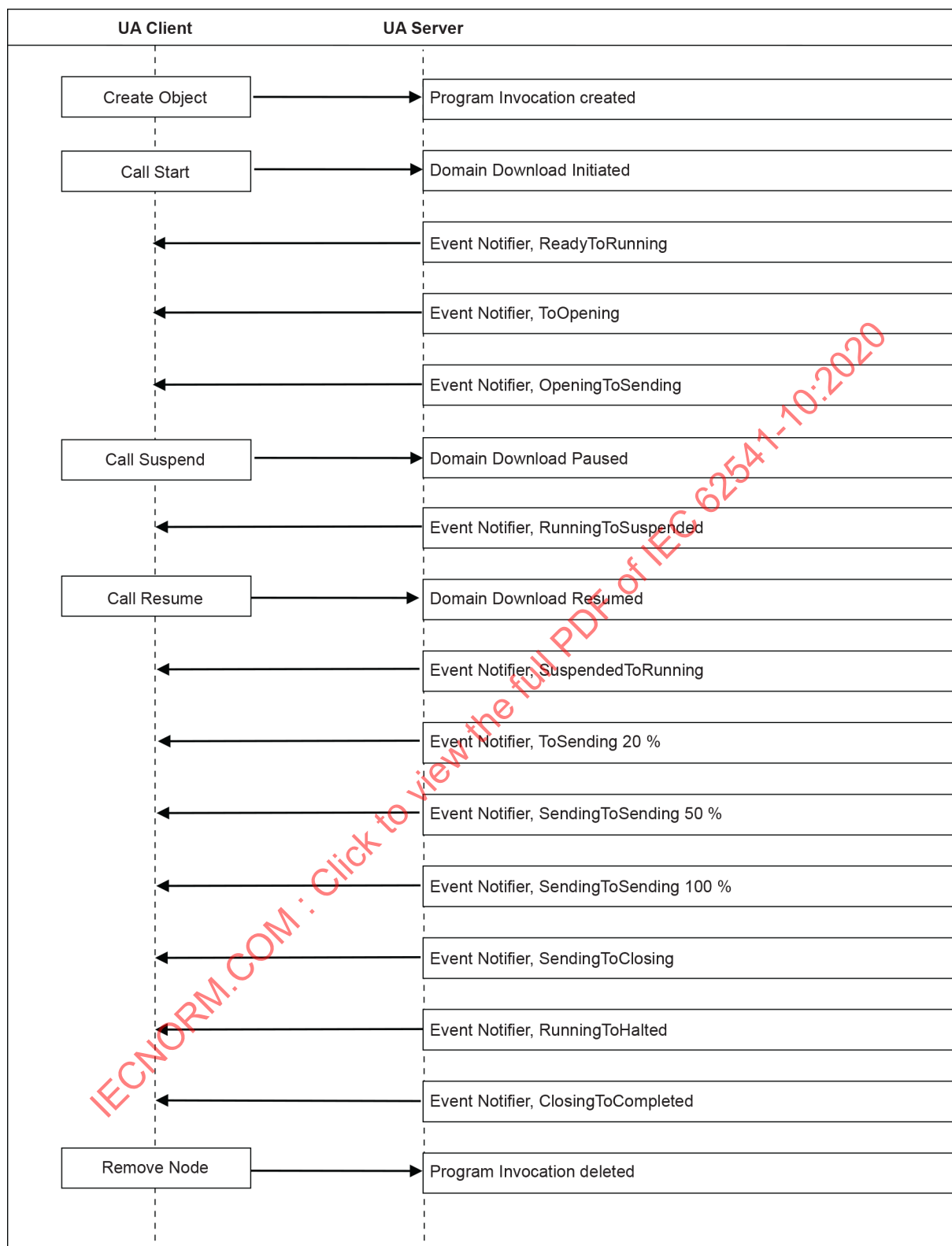


Figure A.10 – Running To Completed model

A.2.6.3 Sequence of operations

Figure A.11 illustrates a normal sequence of service exchanges between a *Client* and *Server* that would occur during the life cycle of a *DomainDownloadType Program Invocation*.



IEC

Figure A.11 – Sequence of operations

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	50
3 Termes, définitions et termes abrégés	50
3.1 Termes et définitions	50
3.2 Termes abrégés	51
4 Concepts	51
4.1 Généralités	51
4.2 Programmes	52
4.2.1 Vue d'ensemble	52
4.2.2 Considérations relatives à la sécurité	53
4.2.3 Diagramme d'états finis de programme	53
4.2.4 Etats de Programme	54
4.2.5 Transitions d'états	55
4.2.6 Stimuli de transition d'états de Programme	55
4.2.7 Méthodes de Commande de Programme	55
4.2.8 Effets des transitions d'états de Programme	56
4.2.9 Données de résultat de Programme	56
4.2.10 Durée de vie d'un Programme	57
5 Modèle	58
5.1 Généralités	58
5.2 ProgramStateMachineType	59
5.2.1 Vue d'ensemble	59
5.2.2 Propriétés ProgramStateMachineType	61
5.2.3 Composants de ProgramStateMachineType	61
5.2.4 Causes de ProgramStateMachineType (Méthodes)	67
5.2.5 Effets de ProgramStateMachineType (Evénements)	68
5.2.6 AuditProgramTransitionEventType	70
5.2.7 FinalResultData	71
5.2.8 DataType ProgramDiagnostic2	71
5.2.9 VariableType ProgramDiagnostic2Type	72
Annexe A (informative) Exemple de Programme	74
A.1 Vue d'ensemble	74
A.2 Programme DomainDownload	74
A.2.1 Généralités	74
A.2.2 Etats de DomainDownload	75
A.2.3 Transitions de DomainDownload	75
A.2.4 Méthodes de DomainDownload	77
A.2.5 Evénements de DomainDownload	77
A.2.6 Modèle de DomainDownload	77
Figure 1 – Commande d'installation d'automatisation	52
Figure 2 – Représentation d'un Programme	53
Figure 3 – Etats de Programme et transitions	54
Figure 4 – Type de programme	58

Figure 5 – Références FSM de Programme.....	62
Figure 6 – Causes et effets de ProgramStateMachineType	66
Figure A.1 – Exemple de Programme.....	74
Figure A.2 – Diagramme d'états de DomainDownload	75
Figure A.3 – Modèle d'états partiel de DomainDownloadType	82
Figure A.4 – Modèle ReadyToRunning	85
Figure A.5 – Modèle OpeningToSendingToClosing	87
Figure A.6 – Modèle RunningToSuspended	88
Figure A.7 – Modèle SuspendedToRunning	89
Figure A.8 – Modèle RunningToHalted – Aborted.....	89
Figure A.9 – Modèle SuspendedToAborted	90
Figure A.10 – Modèle RunningToCompleted	91
Figure A.11 – Séquence des opérations.....	92
Tableau 1 – Diagramme d'états finis de programme.....	54
Tableau 2 – Etats de Programme	55
Tableau 3 – Transitions d'états de Programme	55
Tableau 4 – Méthodes de Commande de Programme	56
Tableau 5 – ProgramStateMachineType	60
Tableau 6 – Etats de Programme.....	63
Tableau 7 – Transitions de Programme.....	64
Tableau 8 – Causes de ProgramStateMachineType	67
Tableau 9 – ProgramTransitionEventType	69
Tableau 10 – ProgramTransitionEvents	69
Tableau 11 – AuditProgramTransitionEventType.....	71
Tableau 12 – Structure de ProgramDiagnostic2DataType	72
Tableau 13 – Définition de ProgramDiagnostic2DataType.....	72
Tableau 14 – VariableType ProgramDiagnostic2Type	73
Tableau A.1 – Etats de DomainDownload	76
Tableau A.2 – Type de DomainDownload.....	78
Tableau A.3 – Type de Diagramme d'états Transfer.....	79
Tableau A.4 – Diagramme d'états Transfer – états.....	80
Tableau A.5 – Type de Diagramme d'états Finish	80
Tableau A.6 – Diagramme d'états Finish – états	81
Tableau A.7 – Valeurs des variables d'Attributs de Propriété du Type DomainDownload.....	81
Tableau A.8 – Types de transitions supplémentaires de DomainDownload.....	83
Tableau A.9 – Ajouts de la Méthode Start	85
Tableau A.10 – StartArguments	86
Tableau A.11 – Objet IntermediateResults	87
Tableau A.12 – Variables de données de résultat intermédiaires	88
Tableau A.13 – FinalResultData.....	90

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ARCHITECTURE UNIFIÉE OPC –

Partie 10: Programmes

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. A 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 de la présente Publication 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 brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

L'IEC 62541-10 a été établie par le sous-comité 65E: Les dispositifs et leur intégration dans les systèmes de l'entreprise, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2015.

Cette édition inclut plusieurs clarifications ainsi que les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) remplacement de ProgramType par ProgramStateMachineType, conformément au NodeSet (et donc aux mises en œuvre). Dans le programme ProgramDiagnosticDataType, modification des définitions de lastInputArguments et lastOutputArguments, et ajout de deux champs complémentaires pour les valeurs d'arguments. Remplacement également de StatusResult par StatusCode. Création d'une nouvelle version du type de ProgramDiagnostic2DataType;

- b) remplacement de la règle de modélisation Facultative par OptionalPlaceholder pour les Méthodes de Commande de Programme. Ceci fait suite à la clarification apportée dans l'IEC 62541-3, et permet aux sous-types (ou instances) d'ajouter des arguments.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65E/719/FDIS	65E/735/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Dans l'ensemble du présent document et dans les autres parties de la série IEC 62541, certaines conventions de document sont utilisées:

Le format *italique* est utilisé pour mettre en évidence un terme défini ou une définition qui apparaît à l'Article 3 dans l'une des parties de la série.

Le format *italique* est également utilisé pour mettre en évidence le nom d'un paramètre d'entrée ou de sortie de service, ou le nom d'une structure ou d'un élément de structure habituellement défini dans les tableaux.

Par ailleurs, les *termes* et les *noms en italique* sont, à quelques exceptions près, écrits en camel-case (pratique qui consiste à joindre, sans espace, les éléments des mots ou expressions composés, la première lettre de chaque élément étant en majuscule). Par exemple, le terme défini est *AddressSpace* et non Espace d'adressage. Cela permet de mieux comprendre qu'il existe une définition unique pour *AddressSpace*, et non deux définitions distinctes pour Espace et pour Adressage.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62541, publiées sous le titre général *Architecture unifiée OPC*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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.

ARCHITECTURE UNIFIÉE OPC –

Partie 10: Programmes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62541 définit le *modèle d'information* associé avec des *Programmes* dans l'Architecture unifiée OPC. Elle comprend la description des *NodeClasses*, des *Propriétés*, *Méthodes* et *Événements* normalisés et du comportement associé ainsi que des informations relatives aux *Programmes*.

Le modèle d'espace d'adressage complet, comprenant toutes les *NodeClasses* et tous les *Attributs*, est spécifié dans l'IEC 62541-3. Les *Services* tels que ceux utilisés pour invoquer les *Méthodes* appliquées pour gérer les *Programmes* sont spécifiés dans l'IEC 62541-4.

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 TR 62541-1, *OPC Unified Architecture – Part 1: Overview and Concepts* (disponible en anglais seulement)

IEC 62541-3, *Architecture unifiée OPC – Partie 3: Modèle d'espace d'adressage*

IEC 62541-4, *Architecture unifiée OPC – Partie 4: Services*

IEC 62541-5, *Architecture unifiée OPC – Partie 5: Modèle d'Information*

IEC 62541-7, *Architecture unifiée OPC – Partie 7: Profils*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC TR 62541-1, l'IEC 62541-3 ainsi que les 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>

3.1.1

fonction

tâche de programmation assurée par un *Serveur* ou un dispositif, généralement réalisée par l'exécution de code machine

3.1.2

diagramme d'états finis

séquence d'états et de transitions d'états valides, associés aux causes et effets de ces transitions, définissant les actions d'un *Programme* en ce qui concerne les stades discrets

3.1.3

ProgramStateMachineType

définition de type d'un *Programme*, qui constitue un sous-type du *FiniteStateMachineType*

3.1.4

méthode de commande de programme

Méthode à la sémantique particulière conçue pour commander un *Programme* en déclenchant une transition d'états

3.1.5

invocation de programme

instance d'*Objet* unique d'un *Programme* existant sur un *Serveur*

Note 1 à l'article: L'*Invocation de Programme* se différencie des autres instances d'*Objet* du même *ProgramStateMachineType* par le chemin de navigation unique du nœud d'objet.

3.2 Termes abrégés

DA data access (accès aux données)

FSM finite state machine (diagramme d'états finis)

IHM interface homme-machine

UA unified architecture (architecture unifiée)

4 Concepts

4.1 Généralités

Les installations d'automatisation intégrée gèrent leurs opérations par des échanges de données et par l'invocation coordonnée de *Fonctions* système, comme représenté à la Figure 1. Il est exigé des *Services* qu'ils réalisent les échanges de données et qu'ils invoquent les *Fonctions* nécessaires à l'exploitation du système. Ces *Fonctions* peuvent être invoquées au moyen des Interfaces Homme-Machine, des contrôleurs cellulaires ou d'autres systèmes de commande de surveillance et d'acquisition de données. L'OPC UA définit les *Méthodes* et les *Programmes* comme des outils d'interopérabilité permettant d'annoncer, de découvrir et d'interroger ces *Fonctions*. Ils fournissent un mécanisme de normalisation applicable à la description sémantique, à l'invocation et à la consignation des résultats de ces *Fonctions*. Les *Méthodes* et les *Programmes* viennent compléter les autres *Services* et *ObjectTypes* OPC UA afin de faciliter l'exploitation d'un environnement d'automatisation fondé sur une hiérarchie client-serveur.

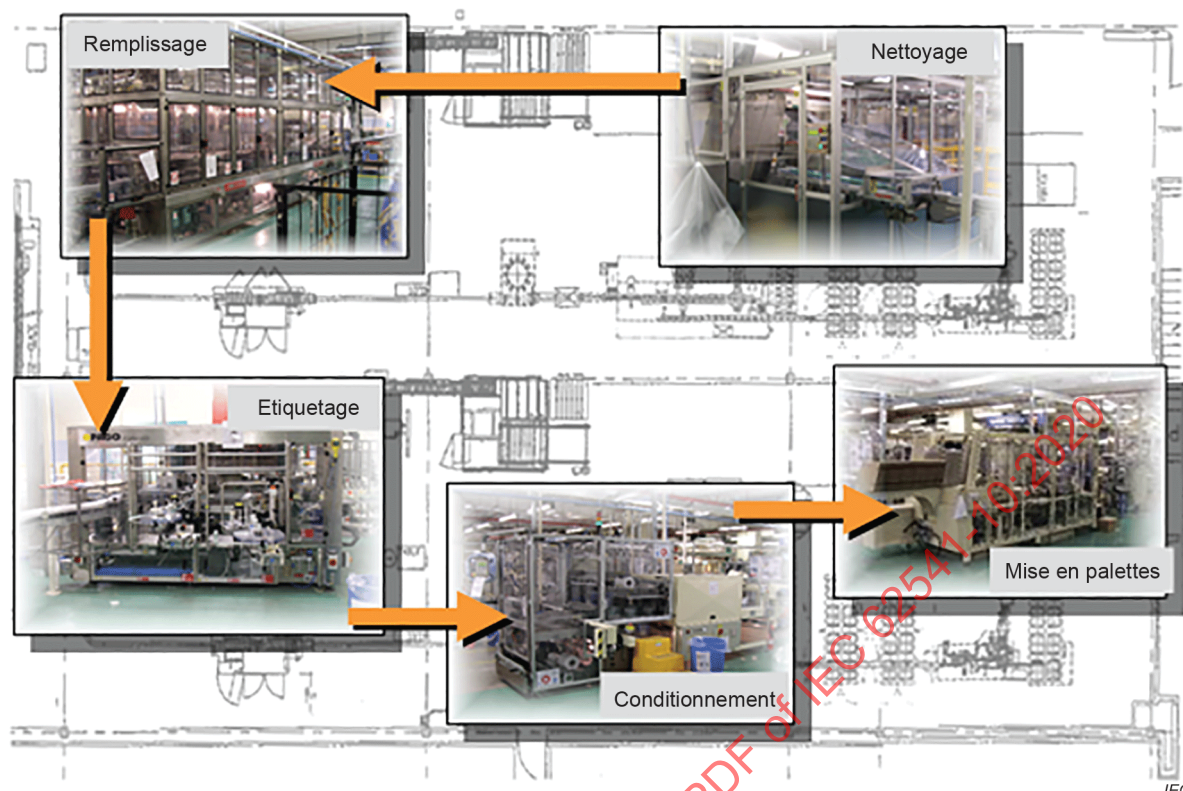


Figure 1 – Commande d'installation d'automatisation

Les *Fonctions* de modélisation des *Méthodes* et *Programmes* mises en œuvre dans les *Serveurs OPC* et les systèmes sous-jacents présentent généralement des domaines d'application, des comportements, des durées de vie et des niveaux de complexité différents. En règle générale, ces *Fonctions* ne sont pas caractérisées par les opérations de lecture ou d'écriture de données réalisées avec le jeu de services d'*Attributs OPC UA*.

Les *Méthodes* représentent les *Fonctions* de base du *Serveur* que le *Client* peut invoquer. En revanche, les *Programmes* permettent de modéliser une fonctionnalité dynamique plus complexe dans le système. Par exemple, un appel de méthode peut être utilisé pour réaliser un calcul ou réinitialiser un compteur. Un *Programme* est utilisé pour exécuter et commander un traitement par lots, exécuter un programme-pièce de machine-outil ou gérer un téléchargement de domaine. Les *Méthodes* et leur mécanisme d'invocation sont décrits dans l'IEC 62541-3 et l'IEC 62541-4.

Le présent document décrit les extensions aux capacités fondamentales définies dans l'IEC 62541-5, ou leur utilisation particulière, exigées pour les *Programmes*.

4.2 Programmes

4.2.1 Vue d'ensemble

Les *Programmes* sont des *Fonctions* complexes résidant dans un *Serveur* ou un système sous-jacent qu'un *Client* peut invoquer et gérer. Les *Programmes* peuvent représenter n'importe quel niveau de fonctionnalité au sein d'un système ou d'un processus pour lequel la commande ou l'intervention du *Client* est exigée et dont la surveillance du déroulement est souhaitée. Ce modèle est représenté à la Figure 2.

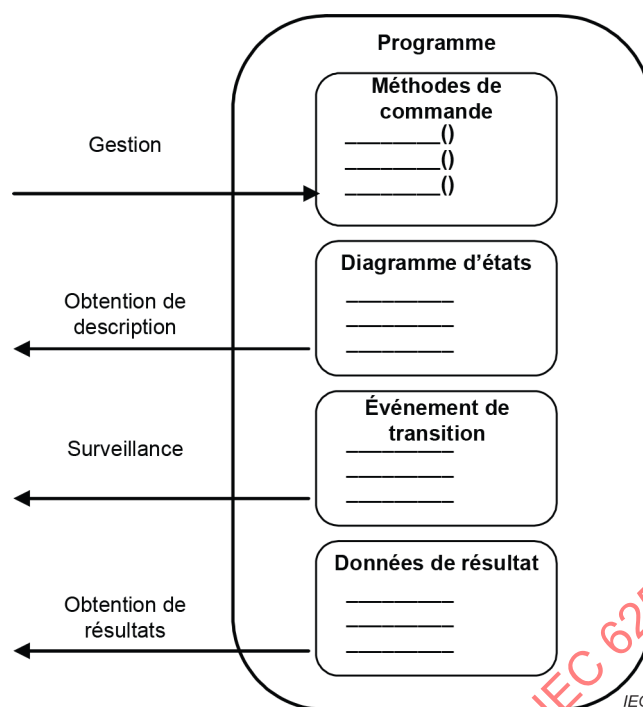


Figure 2 – Représentation d'un Programme

L'exécution des *Programmes* dynamiques se déroule par transition selon une séquence d'états prédéfinie. Le comportement des *Programmes* est défini par un *Diagramme d'états finis de programme* (PFSM – *Program Finite State Machine*). Les éléments du PFSM décrivent les phases d'exécution d'un *Programme* en ce qui concerne les transitions valides entre un ensemble d'états, les stimuli ou causes de ces transitions et les effets qui résultent de celles-ci.

4.2.2 Considérations relatives à la sécurité

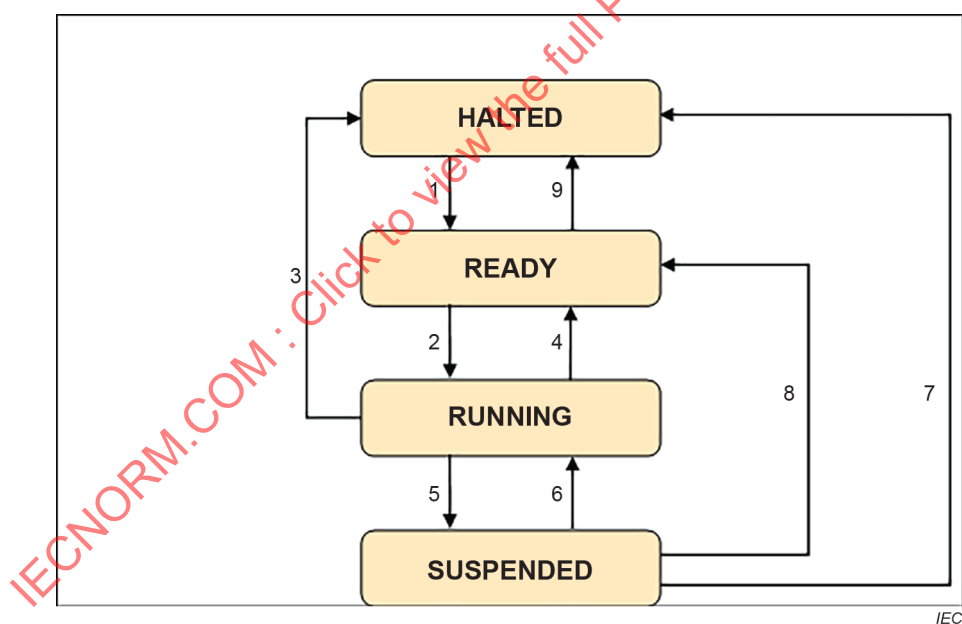
Dans la mesure où les *Programmes* peuvent être utilisés pour réaliser des algorithmes de commande avancés ou d'autres actions, il convient de limiter leur utilisation au personnel disposant des droits d'accès appropriés. Il est recommandé de générer les *AuditUpdateMethodEvents* pour permettre la surveillance du nombre de *Programmes* en cours d'exécution en plus de leur fréquence d'exécution.

4.2.3 Diagramme d'états finis de programme

Le Tableau 1 répertorie les états, transitions, causes et effets constitutifs du *Diagramme d'états finis de programme* qui est représenté à la Figure 3.

Tableau 1 – Diagramme d'états finis de programme

N°	Dénomination de transition	Cause	De l'état	A l'état	Effet
1	HaltedToReady	Méthode Reset	Halted	Ready	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 1
2	ReadyToRunning	Méthode Start	Ready	Running	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 2
3	RunningToHalted	Méthode Halt ou Interne (Erreur)	Running	Halted	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 3
4	RunningToReady	Interne	Running	Ready	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 4
5	RunningToSuspended	Méthode Suspend	Running	Suspended	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 5
6	SuspendedToRunning	Méthode Resume	Suspended	Running	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 6
7	SuspendedToHalted	Méthode Halt	Suspended	Halted	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 7
8	SuspendedToReady	Interne	Suspended	Ready	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 8
9	ReadyToHalted	Méthode Halt	Ready	Halted	Consigne l'Événement/le Résultat de la Transition 9

**Figure 3 – Etats de Programme et transitions**

4.2.4 Etats de Programme

Un ensemble normalisé d'états de base est défini pour les *Programmes*, faisant partie intégrante du *Diagramme d'états finis de programme*. Ces états représentent les stades auxquels un *Programme* peut exister à un moment donné, tel que visualisé par un *Client*. Cet état est l'état actuel du *Programme*. Tous les *Programmes* doivent prendre en charge cet ensemble de base. Un *Programme* peut ou non exiger une action du *Client* pour voir son état modifié. Le Tableau 2 définit les états de manière formelle.

Tableau 2 – Etats de Programme

Etat	Description
Ready	Le <i>Programme</i> est correctement initialisé et peut être démarré.
Running	Le <i>Programme</i> est en cours d'exécution jusqu'à son achèvement.
Suspended	Le <i>Programme</i> a été interrompu avant d'atteindre un état final, mais peut être repris.
Halted	Le <i>Programme</i> est parvenu à un état final ou d'échec; il ne peut pas être démarré ou repris sans réinitialisation.

L'ensemble des états définis pour décrire un *Programme* peut être étendu. Les sous-états de *Programme* peuvent être définis de sorte que les états de base fournissent une plus grande résolution d'un processus et décrivent la cause et les effets des stimuli et transitions supplémentaires. Les organismes de normalisation et les groupes industriels peuvent étendre le *Modèle d'états finis de programme* de base pour se conformer aux différents modèles industriels. Par exemple, l'état Halted peut comprendre les sous-états Aborted et Completed permettant d'indiquer si la *Fonction* a été achevée de manière satisfaisante avant de passer à la transition vers l'état Halted. Les états de transition tels que Starting ou Suspending peuvent également être des extensions de l'état Running, par exemple.

4.2.5 Transitions d'états

Un ensemble normalisé de transitions d'états est défini pour le *Diagramme d'états finis de programme*. Ces transitions définissent les modifications valides apportées à l'état actuel du *Programme*, par rapport à l'état initial et à l'état résultant. Le Tableau 3 définit les transitions de manière formelle.

Tableau 3 – Transitions d'états de Programme

N° de transition	Dénomination de transition	Etat initial	Etat résultant
1	HaltedToReady	Halted	Ready
2	ReadyToRunning	Ready	Running
3	RunningToHalted	Running	Halted
4	RunningToReady	Running	Ready
5	RunningToSuspended	Running	Suspended
6	SuspendedToRunning	Suspended	Running
7	SuspendedToHalted	Suspended	Halted
8	SuspendedToReady	Suspended	Ready
9	ReadyToHalted	Ready	Halted

4.2.6 Stimuli de transition d'états de Programme

Les stimuli ou les causes de transitions d'états d'un *Programme* peuvent être internes ou externes au *Serveur*. Les stimuli internes sont par exemple l'achèvement des étapes d'usinage, la détection d'une condition d'alarme ou la transmission d'un paquet de données. Les stimuli externes sont par exemple les *Méthodes*. Des *Méthodes* normalisées sont définies; elles agissent comme des stimuli pour commander un *Programme*.

4.2.7 Méthodes de Commande de Programme

Les *Clients* gèrent un *Programme* en appelant des *Méthodes*. Les *Méthodes* agissent sur le comportement d'un *Programme* en provoquant des transitions d'états spécifiées. Les transitions d'états régissent les actions réalisées par le *Programme*. Le présent document

définit un ensemble de *Méthodes de Commande de Programme* normalisées. Ces *Méthodes* fournissent les moyens suffisants au *Client* pour exécuter un *Programme*.

Le Tableau 4 répertorie l'ensemble des *Méthodes de Commande de Programme* définies. Chaque *Méthode* provoque des transitions à partir d'états spécifiés et doit être appelée lorsque le *Programme* est parvenu à l'un de ces états.

Des *Programmes* individuels peuvent en option prendre en charge n'importe quel sous-ensemble des *Méthodes de Commande de Programme*. Par exemple, certains *Programmes* peuvent ne pas être autorisés à déclencher un état d'interruption et ne fournissent de ce fait pas les *Méthodes Suspend* et *Resume*.

Les *Programmes* peuvent prendre en charge des *Méthodes* supplémentaires définies par l'utilisateur. Les *Méthodes* définies par l'utilisateur ne doivent pas modifier le comportement du *Diagramme d'états finis de programme* de base.

Tableau 4 – Méthodes de Commande de Programme

Dénomination de méthode	Description
Start	Fait passer le <i>Programme</i> de l'état Ready à l'état Running.
Suspend	Fait passer le <i>Programme</i> de l'état Running à l'état Suspended.
Resume	Fait passer le <i>Programme</i> de l'état Suspended à l'état Running.
Halt	Fait passer le <i>Programme</i> de l'état Ready, Running ou Suspended à l'état Halted.
Reset	Fait passer le <i>Programme</i> de l'état Halted à l'état Ready.

Toutes les *Méthodes de Commande de Programme* sont définies par leur *BrowseName* dans le *ProgramStateMachineType*, selon la *ModellingRule OptionalPlaceholder*. Comme précisé dans l'IEC 62541-3, cette règle permet l'ajout d'*Arguments* à ces *Méthodes* pour les sous-types et instances. Par exemple, une *Méthode* Start peut inclure un argument d'options qui spécifie des options dynamiques utilisées pour déterminer un comportement donné du programme. Le service d'*Appel de Méthode* spécifié dans l'IEC 62541-4 définit un statut de retour. Ce statut de retour indique la réussite de la *Méthode de Commande de Programme* ou la raison de son échec.

4.2.8 Effets des transitions d'états de Programme

La transition d'états d'un *Programme* a généralement une cause et produit également un effet. L'effet est un sous-produit de la transition d'états d'un *Programme*, qu'un *Client* peut utiliser pour surveiller l'avancement du *Programme*. Les effets peuvent être internes ou externes. Un effet externe d'une transition d'états est caractérisé par la génération d'une notification d'*Événement*. Chaque transition d'états de *Programme* est associée à un *Événement* unique. Ces *Événements* reflètent la progression et la trajectoire du *Programme* dans son ensemble d'états définis. Les effets internes d'une transition d'états peuvent se caractériser par la réalisation d'une action de programmation donnée telle que la génération de données.

4.2.9 Données de résultat de Programme

4.2.9.1 Vue d'ensemble

Les données de résultat sont générées par un *Programme* en cours d'exécution. Les données de résultat peuvent être intermédiaires ou finales. Les données de résultat peuvent être associées à des transitions d'états de *Programme* spécifiques.

4.2.9.2 Données de résultat intermédiaires

Les données de résultat intermédiaires sont transitoires et sont générées par le *Programme* conjointement avec les transitions d'états non finales. Les éléments de données constitutifs des résultats intermédiaires sont définis en association avec les transitions d'états de *Programme* spécifiques. Leurs valeurs ne sont significatives qu'au niveau de la transition.

Chaque transition d'états de *Programme* peut être associée à différents éléments de données de résultat. A l'inverse, un ensemble de transitions peut partager un élément de données de résultat. Le pourcentage d'achèvement est un exemple de données de résultat intermédiaires. La valeur du pourcentage d'achèvement est obtenue lorsque la transition d'états se produit et est disponible pour le *Client*.

Les *Clients* acquièrent les données de résultat intermédiaires en s'abonnant aux *Evénements* de transition d'états de *Programme*. Les *Evénements* spécifient les éléments de données pour chaque transition. Lorsque la transition se produit, l'*Evénement* généré transmet les valeurs de données de résultat obtenues aux *Clients* abonnés. Si aucun *Client* ne surveille le *Programme*, les données de résultat intermédiaires peuvent être éliminées.

4.2.9.3 Données de résultat finales

Les données de résultat finales sont générées à la fin de l'exécution du *Programme*. Le temps d'exécution total, le nombre de widgets produits et la condition de défaut rencontrée sont des exemples de données de résultat finales. Lorsque le *Programme* passe à l'état final, ces données de résultat peuvent être transmises au *Client* par l'*Evénement* de transition. Les données de résultat finales sont également disponibles dans le *Programme* pour être lues par un *Client* après l'arrêt du programme. Ces données sont conservées jusqu'à une nouvelle exécution ou jusqu'à la suppression de l'Instance du *Programme*.

4.2.9.4 Surveillance des Programmes

Les *Clients* peuvent surveiller les activités associées à l'exécution d'un *Programme*. Ces activités comprennent l'invocation des *Méthodes* de gestion, la génération de données de résultat et la progression du *Programme* dans ses états. Les *Evénements d'Audit* sont fournis par les *Appels de Méthode* et les transitions d'états. Ces *Evénements* permettent de conserver un enregistrement des *Clients* qui interagissent avec un *Programme* et des transitions d'états du *Programme* résultant de cette interaction.

4.2.10 Durée de vie d'un Programme

4.2.10.1 Vue d'ensemble

Les *Programmes* peuvent avoir différentes durées de vie. Certains *Programmes* peuvent résider de manière permanente sur un *Serveur*, tandis que d'autres sont créés et retirés. La création et le retrait peuvent être commandés par un *Client* ou peuvent être limités à des moyens locaux.

Un *Programme* peut pouvoir être créé par le *Client*. Dans ce cas, le *Client* peut ajouter le *Programme* au *Serveur*. La *Méthode de Création d'Objet* définie dans l'IEC 62541-3 permet de créer l'instance du *Programme*. L'état initial du *Programme* peut être Halted ou Ready. Certains *Programmes*, par exemple, peuvent exiger la mise à disposition d'une ressource après leur création, avant d'être prêts pour l'exécution. Dans ce cas, le *Programme* est initialisé à l'état Halted pour ensuite passer à l'état Ready lorsque la ressource est fournie.

Un *Programme* peut pouvoir être retiré par le *Client*. Dans ce cas, le *Client* peut supprimer l'instance du *Programme* du *Serveur*. Le *Service DeleteNodes* défini dans l'IEC 62541-4 permet de retirer l'instance du *Programme*. Le *Programme* doit être à l'état Halted pour être retiré. Un *Programme* peut également pouvoir être retiré automatiquement. Dans ce cas, le *Programme* se supprime lui-même à la fin de son exécution.

4.2.10.2 Instances d'un Programme

Les *Programmes* peuvent avoir une ou plusieurs instances. Un *Serveur* peut prendre en charge plusieurs instances d'un *Programme* si elles peuvent être exécutées en parallèle. Par exemple, le *Programme* peut définir une *Méthode Start* présentant un argument d'entrée destiné à spécifier la ressource qui est utilisée par ses *Fonctions*. Chaque instance du *Programme* est ensuite démarrée en désignant l'utilisation des différentes ressources. Le *Client* peut découvrir toutes les instances d'un *Programme* en cours d'exécution sur un *Serveur*. Chaque instance d'un *Programme* est identifiée de manière unique sur le *Serveur* et est gérée de manière indépendante par le *Client*.

4.2.10.3 Recyclage d'un Programme

Les *Programmes* peuvent être exécutés une ou plusieurs fois (recyclés). Un *Programme* exécuté une fois reste indéfiniment à l'état Halted après son exécution. La procédure normale consiste à le supprimer après examen de ses résultats finaux.

Les *Programmes* recyclables peuvent comporter un nombre de cycles limité ou illimité. Ces *Programmes* peuvent exiger une étape de réinitialisation pour passer de l'état Halted à l'état Ready. Cela permet de reconstituer les ressources ou de réinitialiser les paramètres avant de redémarrer le *Programme*. La *Méthode de Commande de Programme Reset* déclenche cette transition d'états et toute action ou tout effet associé.

5 Modèle

5.1 Généralités

Le modèle de *Programme* étend le modèle *FiniteStateMachineType* et le modèle de base *ObjectType* présentés dans l'IEC 62541-5. Chaque *Programme* comporte une *Définition de Type* qui constitue le sous-type du *FiniteStateMachineType*. Le *ProgramStateMachineType* décrit le modèle de *Diagramme d'états finis* pris en charge par toute *Invocation de Programme* du type en question. Le *ProgramStateMachineType* définit également le jeu de propriétés qui caractérise les aspects particuliers du comportement du *Programme*, tels que la durée de vie et le recyclage, ainsi que les données de résultat générées par le *Programme*.

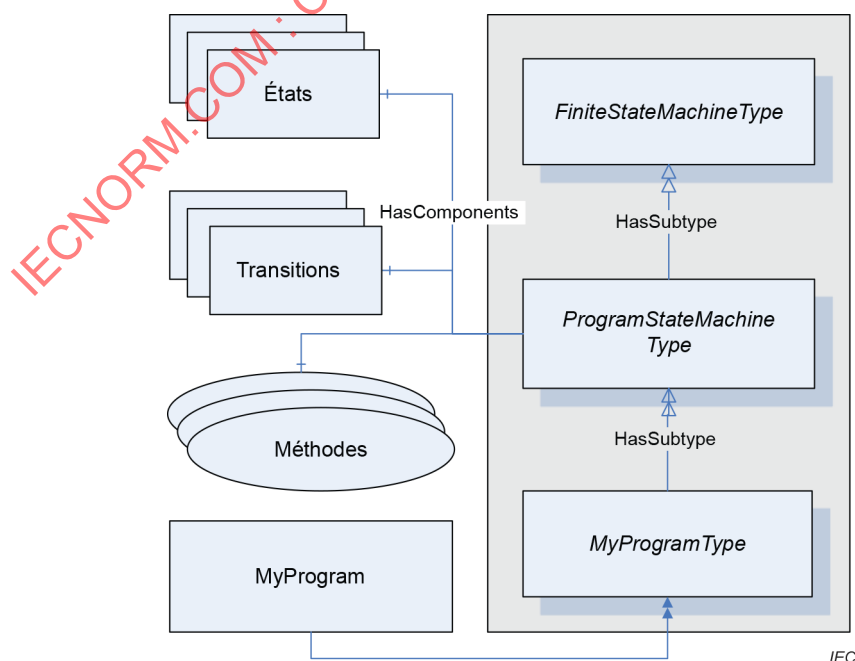


Figure 4 – Type de programme

Le *ProgramStateMachineType* de base définit le *Diagramme d'états finis* normalisé spécifié pour tous les *Programmes*. Cela comprend les états, les transitions et les causes (*Méthodes*) et les effets (*Evénements*) des transitions. Les sous-types du *ProgramStateMachineType* de base peuvent être définis pour étendre ou caractériser de manière plus spécifique le comportement d'un *Programme* individuel, comme représenté par "MyProgramType" à la Figure 4.

5.2 ProgramStateMachineType

5.2.1 Vue d'ensemble

Le Tableau 5 répertorie les propriétés et composants supplémentaires qui constituent le *ProgramStateMachineType*. Aucune sémantique spécifique au *ProgramStateMachineType* n'est attribuée aux autres *ObjectTypes* de base, *Attributs FiniteStateMachineType* ou *Propriétés*.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62541-10:2020

Tableau 5 – ProgramStateMachineType

Attribut	Valeur				
	Comprend tous les attributs spécifiés pour le FiniteStateMachineType				
BrowseName	ProgramStateMachineType				
IsAbstract	False				
Références	NodeClass	BrowseName	DataType	TypeDefinition	ModellingRule
HasProperty	Variable	Creatable	Boolean	PropertyType	–
HasProperty	Variable	Deletable	Boolean	PropertyType	Obligatoire
HasProperty	Variable	AutoDelete	Boolean	PropertyType	Obligatoire
HasProperty	Variable	RecycleCount	Int32	PropertyType	Obligatoire
HasProperty	Variable	InstanceCount	UInt32	PropertyType	–
HasProperty	Variable	MaxInstanceCount	UInt32	PropertyType	–
HasProperty	Variable	MaxRecycleCount	UInt32	PropertyType	–
HasComponent	Variable	ProgramDiagnostic	ProgramDiagnostic2DataType	ProgramDiagnostic2Type	Facultative
HasComponent	Objet	Halted		StateType	–
HasComponent	Objet	Ready		StateType	–
HasComponent	Objet	Running		StateType	–
HasComponent	Objet	Suspended		StateType	–
HasComponent	Objet	HaltedToReady		TransitionType	–
HasComponent	Objet	ReadyToRunning		TransitionType	–
HasComponent	Objet	RunningToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Objet	RunningToReady		TransitionType	–
HasComponent	Objet	RunningToSuspended		TransitionType	–
HasComponent	Objet	SuspendedToRunning		TransitionType	–
HasComponent	Objet	SuspendedToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Objet	SuspendedToReady		TransitionType	–
HasComponent	Objet	ReadyToHalted		TransitionType	–
HasComponent	Méthode	Start			Optional Placeholder
HasComponent	Méthode	Suspend			Optional Placeholder
HasComponent	Méthode	Reset			Optional Placeholder
HasComponent	Méthode	Halt			Optional Placeholder
HasComponent	Méthode	Resume			Optional Placeholder
HasComponent	Objet	FinalResultData		BaseObjectType	Facultative

5.2.2 Propriétés ProgramStateMachineType

La *Propriété Creatable* est un booléen qui indique si les *Invocations de Programme* de ce *ProgramStateMachineType* peuvent être créées par un *Client*. Si la valeur est *False*, ces *Invocations de Programme* sont persistantes ou peuvent uniquement être créées par le *Serveur*.

La *Propriété Deletable* est un booléen qui indique si une *Invocation de Programme* de ce *ProgramStateMachineType* peut être supprimée par un *Client*. Si la valeur est *False*, ces *Invocations de Programme* peuvent uniquement être supprimées par le *Serveur*.

La *Propriété AutoDelete* est un booléen qui indique si les *Invocations de Programme* de ce *ProgramStateMachineType* sont retirées par le *Serveur* à la fin de l'exécution. Si la valeur est *False*, ces *Invocations de Programme* demeurent sur le *Serveur* jusqu'à leur suppression par le *Client*. Lorsque l'*Invocation de Programme* est supprimée, toutes les données de résultat associées à l'instance sont également retirées.

La *Propriété RecycleCount* est un entier non signé qui indique le nombre de fois qu'une *Invocation de Programme* de ce type a été recyclée ou redémarrée depuis son démarrage (et non reprise). Noter que la Méthode *Reset* peut être exigée pour préparer le redémarrage d'un *Programme*.

La *Propriété MaxRecycleCount* est un entier qui indique le nombre maximal de fois qu'une *Invocation de Programme* de ce type peut être recyclée ou redémarrée depuis son démarrage (et non reprise). Si la valeur est inférieure à 0, le nombre de redémarrages est illimité. Si la valeur est égale à zéro, le *Programme* ne peut être recyclé ni redémarré.

La *Propriété InstanceCount* est un entier non signé qui indique le nombre d'*Invocations de Programme* de ce type qui existent actuellement.

La *Propriété MaxInstanceCount* est un entier qui indique le nombre maximal d'*Invocations de Programme* de ce type qui peuvent exister simultanément sur ce *Serveur*. Si la valeur est inférieure à 0, ce nombre est illimité.

5.2.3 Composants de ProgramStateMachineType

5.2.3.1 Vue d'ensemble

Les composants de *ProgramStateMachineType* comprennent un jeu de *Références* aux instances d'*Objet de StateTypes*, *TransitionTypes*, *EventTypes* et les *Méthodes* qui, dans leur ensemble, définissent le *FiniteStateMachine* du *Programme*.

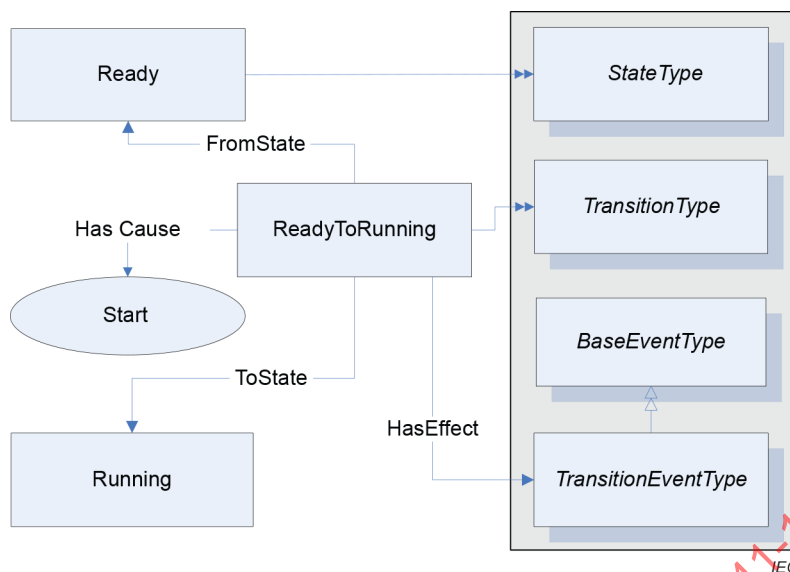


Figure 5 – Références FSM de Programme

La Figure 5 représente les *Références* de composants qui définissent les associations entre deux des états de *ProgramStateMachineType*, Ready et Running. Les *ReferenceTypes* supplémentaires ont été omis pour simplifier la représentation.

5.2.3.2 Etats de *ProgramStateMachineType*

Le Tableau 6 spécifie les *Objets* d'états de *ProgramStateMachineType*. Ces *Objets* sont des instances du *StateType* défini dans l'IEC 62541-5. Une valeur *StateNumber* unique est attribuée à chaque état. Les sous-types du *ProgramStateMachineType* peuvent ajouter des références de n'importe quel état à un *Objet StateMachine* subordonné ou imbriqué pour étendre le *FiniteStateMachine*.

Tableau 6 – Etats de Programme

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	NOTES
Etats					
Halted	HasProperty	StateNumber	11	PropertyType	
	ToTransition	HaltedToReady		TransitionType	
	FromTransition	RunningToHalted		TransitionType	
	FromTransition	SuspendedToHalted		TransitionType	
	FromTransition	ReadyToHalted		TransitionType	
Ready	HasProperty	StateNumber	12	PropertyType	
	FromTransition	HaltedToReady		TransitionType	
	ToTransition	ReadyToRunning		TransitionType	
	FromTransition	RunningToReady		TransitionType	
	ToTransition	ReadyToHalted		TransitionType	
Running	HasProperty	StateNumber	13	PropertyType	
	ToTransition	RunningToHalted		TransitionType	
	ToTransition	RunningToReady		TransitionType	
	ToTransition	RunningToSuspended		TransitionType	
	FromTransition	ReadyToRunning		TransitionType	
	FromTransition	SuspendedToRunning		TransitionType	
Suspended	HasProperty	StateNumber	14	PropertyType	
	ToTransition	SuspendedToRunning		TransitionType	
	ToTransition	SuspendedToHalted		TransitionType	
	ToTransition	SuspendedToReady		TransitionType	
	FromTransition	RunningToSuspended		TransitionType	

L'état Halted est l'état inactif d'un *Programme*. Il peut s'agir d'un état initial ou d'un état final. S'il s'agit d'un état initial, l'*Invocation de Programme* ne peut pas commencer l'exécution du fait des conditions existant sur le *Serveur*. S'il s'agit d'un état final, l'état Halted peut indiquer un état d'échec ou d'achèvement du *Programme*. Un état ou résultat subordonné peut être utilisé pour déterminer la nature de l'arrêt du programme. L'état Halted fait référence à quatre *Objets de Transition*, qui identifient les transitions d'états admises vers l'état Ready et depuis les états Ready, Running et Suspended.

L'état Ready indique que le *Programme* est prêt à commencer l'exécution. Les *Programmes* qui sont prêts à commencer l'exécution dès leur création peuvent immédiatement passer à l'état Ready. L'état Ready fait référence à quatre *Objets de Transition*, qui identifient les transitions d'états admises vers les états Running et Halted et depuis les états Halted et Ready.

L'état Running indique que le *Programme* est en cours de réalisation de sa *Fonction*. L'état Running fait référence à cinq *Objets de Transition*, qui identifient les transitions d'états admises vers les états Halted, Ready et Suspended et depuis les états Ready et Suspended.

L'état Suspended indique que le *Programme* a arrêté la réalisation de sa *Fonction*, mais conserve la capacité de reprendre la *Fonction* au point auquel elle a été interrompue. L'état

Suspended fait référence à quatre *Objets de Transition*, qui identifient les transitions d'états admises vers les états Ready, Running et Halted et depuis l'état Ready.

5.2.3.3 Transitions de ProgramStateMachineType

Les transitions de *ProgramStateMachineType* sont des instances du *TransitionType* défini dans l'IEC 62541-5, qui comprend également les définitions des références ToState, FromState, HasCause et HasEffect utilisées. Le Tableau 7 spécifie les transitions définies pour le *ProgramStateMachineType*. Un *TransitionNumber* unique est attribué à chaque transition. La colonne "Notes" indique lorsqu'une cause fait référence à des *Méthodes* et lorsque les effets sont facultatifs.

Tableau 7 – Transitions de Programme

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	Notes
Transitions					
HaltedToReady	HasProperty	TransitionNumber	1	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Halted		StateType	
	HasCause	Reset			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ReadyToRunning	HasProperty	TransitionNumber	2	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Ready		StateType	
	HasCause	Start			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
RunningToHalted	HasProperty	TransitionNumber	3	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Running		StateType	
	HasCause	Halt			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
RunningToReady	HasProperty	TransitionNumber	4	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Running		StateType	
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	Notes
RunningToSuspended	HasProperty	TransitionNumber	5	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Suspend			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToRunning	HasProperty	TransitionNumber	6	PropertyType	
	ToState	Running		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Resume			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToHalted	HasProperty	TransitionNumber	7	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Halt			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
SuspendedToReady	HasProperty	TransitionNumber	8	PropertyType	
	ToState	Ready		StateType	
	FromState	Suspended		StateType	
	HasCause	Reset			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			
ReadyToHalted	HasProperty	TransitionNumber	9	PropertyType	
	ToState	Halted		StateType	
	FromState	Ready		StateType	
	HasCause	Halt			Méthode
	HasEffect	ProgramTransitionEventType			
	HasEffect	AuditProgramTransitionEventType			

La transition *HaltedToReady* spécifie la transition de l'état Halted à l'état Ready. Elle peut être déclenchée par la *Méthode Reset*.

La transition *ReadyToRunning* spécifie la transition de l'état Ready à l'état Running. Elle est déclenchée par la *Méthode Start*.

La transition *RunningToHalted* spécifie la transition de l'état Running à l'état Halted. Elle est déclenchée par la *Méthode Halt*.

La transition *RunningToReady* spécifie la transition de l'état Running à l'état Ready.

La transition *RunningToSuspended* spécifie la transition de l'état Running à l'état Suspended. Elle est déclenchée par la *Méthode Suspend*.

La transition *SuspendedToRunning* spécifie la transition de l'état Suspended à l'état Running. Elle est déclenchée par la *Méthode Resume*.

La transition *SuspendedToHalted* spécifie la transition de l'état Suspended à l'état Halted. Elle est déclenchée par la *Méthode Halt*.

La transition *SuspendedToReady* spécifie la transition de l'état Suspended à l'état Ready. Sa cause est interne.

La transition *ReadyToHalted* spécifie la transition de l'état Ready à l'état Halted. Elle est déclenchée par la *Méthode Halt*.

Deux références *HasEffect* sont spécifiées pour chaque transition de *Programme*. Ces effets sont des *Evénements* de *ProgramTransitionEventType* et d'*AuditProgramTransitionEventType*, définis en 5.2.5. Le *ProgramTransitionEventType* informe les *Clients* de la transition de *Programme* et transmet les données de résultat. L'*AuditProgramTransitionEventType* est utilisé pour l'audit des transitions résultant des *Méthodes de Commande de Programme*. Le Profil "Facette Serveur Audit" défini dans l'IEC 62541-7 exige la prise en charge de l'*AuditProgramTransitionEventType*.

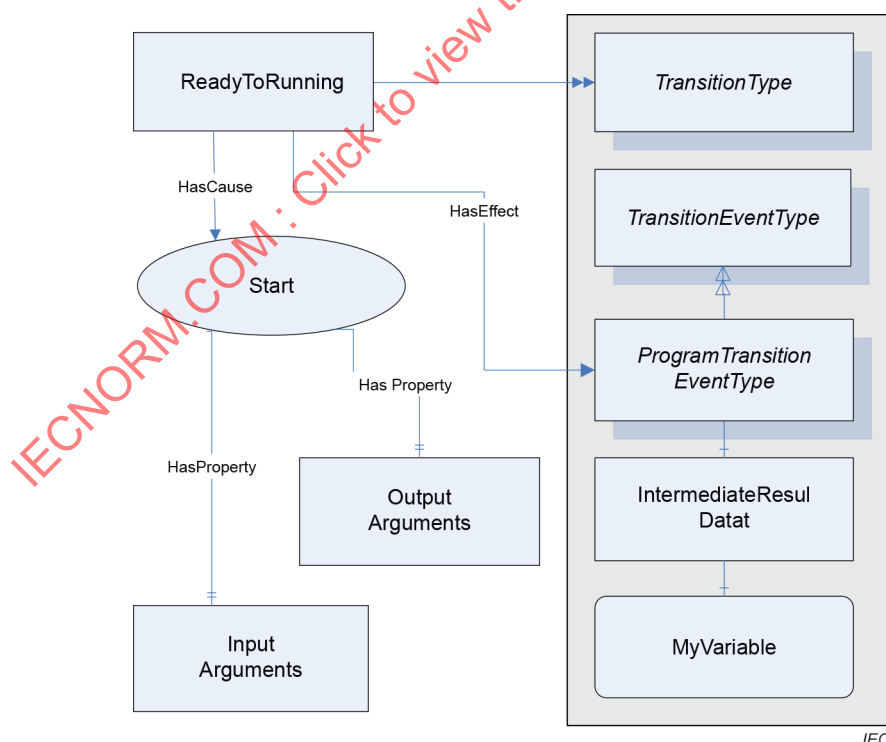


Figure 6 – Causes et effets de ProgramStateMachineType

5.2.4 Causes de ProgramStateMachineType (Méthodes)

5.2.4.1 Vue d'ensemble

Le *ProgramStateMachineType* comprend des références aux Causes des transitions d'états de *Programme* spécifiques. Ces causes font référence aux instances de *Méthode*. Les *Programmes* qui ne prennent pas en charge une *Méthode de Commande de Programme* ne tiennent pas compte de la référence aux Causes de cette *Méthode* issue des références du *ProgramStateMachineType*. Si une référence aux Causes de *Méthode* est omise du *ProgramStateMachineType*, le *Client* ne peut pas provoquer la transition d'états associée. Les instances de *Méthode* référencées par le *ProgramStateMachineType* identifient les *InputArguments* et *OutputArguments* exigés pour les appels de *Méthode* aux *Invocations de Programme* du *ProgramStateMachineType* en question. Le Tableau 8 indique les *Méthodes* définies comme des Causes pour les *ProgramStateMachineTypes*. La Figure 6 représente les *Références* qui permettent d'associer les composants aux *Propriétés* des *Méthodes* et *Événements* par le biais des transitions de Programme.

Tableau 8 – Causes de ProgramStateMachineType

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	NOTES
Causes					
Start	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Facultative
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Facultative
Suspend	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Facultative
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Facultative
Resume	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Facultative
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Facultative
Halt	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Facultative
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Facultative
Reset	HasProperty	InputArguments		PropertyType	Facultative
	HasProperty	OutputArguments		PropertyType	Facultative

La *Méthode Start* provoque la transition de *Programme ReadyToRunning*.

La *Méthode Suspend* provoque la transition de *Programme RunningToSuspended*.

La *Méthode Resume* provoque la transition de *Programme SuspendedToRunning*.

La *Méthode Halt* provoque la transition de *Programme RunningToHalted*, *SuspendedToHalted* ou *ReadyToHalted* en fonction de l'état actuel du *Programme*.

La *Méthode Reset* provoque la transition de *Programme HaltedToReady*.

5.2.4.2 Attributs normalisés

L'attribut de *Méthode Executable* indique si une méthode peut actuellement être exécutée. Pour les *Méthodes de Commande de Programme*, cela signifie que le *Programme* propriétaire a un état actuel qui prend en charge la transition provoquée par la *Méthode*.

5.2.4.3 Propriétés normalisées

Les *Méthodes* peuvent faire référence à un jeu d'*InputArguments*. Pour chaque *ProgramStateMachineType*, un jeu d'*InputArguments* peut être défini pour les *Méthodes de Commande de Programme* prises en charge. Les données transmises dans les arguments complètent les informations exigées par le *Programme* pour réaliser sa *Fonction*. Tous les appels à une *Méthode de Commande de Programme* pour chaque *Invocation de Programme* de ce *ProgramStateMachineType* doivent satisfaire aux arguments spécifiés.

Les *Méthodes* peuvent faire référence à un jeu d'*OutputArguments*. Pour chaque *ProgramStateMachineType*, un jeu d'*OutputArguments* est défini pour les *Méthodes de Commande de Programme* prises en charge. Tous les appels à une *Méthode de Commande de Programme* pour chaque *Invocation de Programme* de ce *ProgramStateMachineType* doivent satisfaire aux arguments spécifiés.

5.2.5 Effets de ProgramStateMachineType (Événements)

5.2.5.1 Vue d'ensemble

Le *ProgramStateMachineType* comprend des références de composants aux Effets de chacune des transitions d'états du *Programme*. Ces Effets sont des *Événements*. Chaque *Transition* doit avoir une *Référence HasEffect* à un *ProgramTransitionEventType* et peut avoir un *AuditProgramTransitionEventType*. Lorsque la transition se produit, des notifications d'*Événements* du type référencé sont générées pour les *Clients* abonnés. L'*Invocation de Programme* peut être utilisée comme *EventNotifier* de ces *Événements*, ou les notifications peuvent être fournies par un *Objet* propriétaire ou par l'*Objet Serveur*.

Les *ProgramTransitionEventTypes* permettent de fournir les données de résultat et de confirmer les transitions d'états pour les *Clients* abonnés sur chaque transition d'états de *Programme* définie. L'*AuditProgramTransitionEventType* permet l'audit des modifications apportées à l'état du *Programme*, conjointement avec les *Appels de Méthode* du *Client*.

5.2.5.2 ProgramTransitionEventType

Le *ProgramTransitionEventType* est un sous-type du *TransitionEventType*. Il est utilisé avec les *Programmes* pour obtenir les résultats intermédiaires ou finaux, ou d'autres données associées à une transition d'états. Un *Programme* peut avoir une définition de *ProgramTransitionEventType* unique pour toute transition. Chaque *ProgramTransitionEventType* spécifie les données d'*IntermediateResult* spécifiques à la transition d'états désignée sur le *ProgramStateMachineType* en question. Chaque transition peut produire différentes données de résultat intermédiaires. Le Tableau 9 spécifie le *ProgramTransitionEventType*.

Le Tableau 10 identifie les *ProgramTransitionEventTypes* spécifiés pour les *ProgramStateMachineTypes*.

Tableau 9 – ProgramTransitionEventType

Attribut	Valeur				
BrowseName	ProgramTransitionEventType				
IsAbstract	True				
Références	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	ModellingRule
Sous-type du <i>TransitionEventType</i> de base défini dans l'IEC 62541-5.					
HasComponent	Objet	IntermediateResult		BaseObjectType	Facultative

TransitionNumber identifie la transition de *Programme* qui a déclenché l'Événement.

FromStateNumber identifie l'état avant la transition de *Programme*.

ToStateNumber identifie l'état après la transition de *Programme*.

IntermediateResult est un *Objet* qui regroupe un jeu de *Variables* dont les valeurs sont significatives pour le *Programme* au moment de la transition associée. L'*ObjectType* d'*IntermediateResult* spécifie l'ensemble des *Variables* utilisant un jeu de *Références* *HasComponent*.

Tableau 10 – ProgramTransitionEvents

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	Notes
Effets					
HaltedToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	1	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	1	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
ReadyToRunningEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	3	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
RunningToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif

BrowseName	Références	BrowseName Cible	Valeur	TypeDefinition Cible	Notes
RunningToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
RunningToSuspendedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	5	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	3	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	4	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
SuspendedToRunningEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	6	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	3	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
SuspendedToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	7	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
SuspendedToReadyEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	8	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	4	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	2	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif
ReadyToHaltedEvent					
	HasProperty	TransitionNumber	9	PropertyType	
	HasProperty	FromStateNumber	2	PropertyType	
	HasProperty	ToStateNumber	1	PropertyType	
	HasComponent	IntermediateResults		ObjectType	Facultatif

5.2.6 AuditProgramTransitionEventType

L'*AuditProgramTransitionEventType* est un sous-type de l'*AuditUpdateStateEventType*. Il est utilisé avec les *Programmes* pour permettre l'audit des transitions d'états de *Programme* associées à toute *Méthode de Commande de Programme* invoquée par le *Client*. Les *Serveurs* doivent générer des *AuditProgramTransitionEvents* s'ils prennent en charge le *Profil "Facette Serveur Audit"* défini dans l'IEC 62541-7.

Le Tableau 11 spécifie la définition de l'*AuditProgramTransitionEventType*.

Tableau 11 – AuditProgramTransitionEventType

Attribut	Valeur				
BrowseName	AuditProgramTransitionEventType				
IsAbstract	True				
Références	NodeClass	BrowseName	Data Type	TypeDefinition	ModellingRule
Sous-type de l' <i>AuditUpdateMethodEventType</i> défini dans l'IEC 62541-5.					
HasProperty	Variable	TransitionNumber	UInt32	PropertyType	Obligatoire

Cet *EventType* hérite de toutes les *Propriétés* de l'*AuditUpdateStateEventType* définies dans l'IEC 62541-5, avec les exceptions suivantes.

La *Propriété Status* spécifiée dans l'IEC 62541-5 détermine si la transition d'états résulte d'un appel de Méthode de Commande de Programme (*Status* défini sur TRUE) ou non (*Status* défini sur FALSE).

Le *SourceName* spécifié dans l'IEC 62541-5 identifie la *Méthode* qui a provoqué la transition de *Programme* lorsqu'elle résulte d'une *ProgramControlMethod* invoquée par le *Client*. Le *SourceName* a pour préfixe "Method/" et le nom de la *ProgramControlMethod*, par exemple "Method/Start".

La *Propriété ClientUserId* spécifiée dans l'IEC 62541-5 identifie l'utilisateur du *Client* à l'origine de la *Méthode de Commande de Programme* si elle est associée à la transition d'états de *Programme*.

La *Propriété ActionTimeStamp* spécifiée dans l'IEC 62541-5 (*AuditEventType*) identifie le moment auquel s'est produite la transition d'états de *Programme* qui a généré l'*Événement*.

La *Propriété TransitionNumber* est une *Variable* qui identifie la transition qui a déclenché l'*Événement*.

5.2.7 FinalResultData

L'*ObjectType FinalResultData* spécifie les *VariableTypes* qui sont conservés lorsque le *Programme* a accompli sa *Fonction*. L'*ObjectType* comprend une *Référence HasComponent* pour un *VariableType* de chaque *Variable* qui comprend les données de résultat finales.

5.2.8 DataType ProgramDiagnostic2

Cette structure contient des éléments qui décrivent l'activité de l'*Invocation de Programme* et qui peuvent aider à diagnostiquer les problèmes liés au *Programme*.

NOTE La version d'origine du *ProgramDiagnosticDataType* était défaillante. Pour éviter les conflits avec des mises en œuvre existantes, une nouvelle version, appelée *ProgramDiagnostic2DataType*, a été créée.

Sa composition est définie dans le Tableau 12.

Tableau 12 – Structure de ProgramDiagnostic2DataType

Nom	Type	Description
ProgramDiagnostic2DataType	Structure	
createSessionId	NodeId	<i>CreateSessionId</i> comporte le <i>SessionId</i> de la <i>Session</i> au cours de laquelle l'appel à la <i>Méthode Create</i> a été émis pour créer l' <i>Invocation de Programme</i> .
createClientName	Chaîne	<i>CreateClientName</i> est le nom du <i>Client</i> de la <i>Session</i> qui a créé l' <i>Invocation de Programme</i> .
invocationCreationTime	UtcTime	<i>InvocationCreationTime</i> identifie le moment où l' <i>Invocation de Programme</i> a été créée.
lastTransitionTime	UtcTime	<i>LastTransitionTime</i> identifie le moment où la dernière transition d'états de <i>Programme</i> a eu lieu.
lastMethodCall	Chaîne	<i>LastMethodCall</i> identifie la dernière <i>Méthode de Programme</i> appelée sur l' <i>Invocation de Programme</i> .
lastMethodSessionId	NodeId	<i>LastMethodSessionId</i> comporte le <i>SessionId</i> de la <i>Session</i> au cours de laquelle le dernier appel de <i>Méthode de Commande de Programme</i> pour l' <i>Invocation de Programme</i> a été émis.
lastMethodInputArguments	Argument[]	<i>LastMethodInputArguments</i> fournit les arguments d'entrée du dernier appel de <i>Méthode de Programme</i> .
lastMethodOutputArguments	Argument[]	<i>LastMethodOutputArguments</i> fournit les arguments de sortie du dernier appel de <i>Méthode de Programme</i> .
lastMethodInputValues	BaseDataType[]	<i>LastMethodInputValues</i> conserve les valeurs des arguments d'entrée du dernier appel de <i>Méthode de Programme</i> . La taille et l'ordre de cette liste correspondent à la taille et à l'ordre du champ <i>lastMethodInputArguments</i> .
lastMethodOutputValues	BaseDataType[]	<i>LastMethodOutputValues</i> conserve les valeurs des arguments de sortie du dernier appel de <i>Méthode de Programme</i> . La taille et l'ordre de cette liste correspondent à la taille et à l'ordre du champ <i>lastMethodOutputArguments</i> .
lastMethodCallTime	UtcTime	<i>LastMethodCallTime</i> identifie le moment du dernier appel de <i>Méthode</i> pour l' <i>Invocation de Programme</i> .
lastMethodReturnStatus	StatusCode	<i>LastMethodReturnStatus</i> conserve la valeur du statut de retour pour la dernière <i>Méthode de Commande de Programme</i> demandée pour cette <i>Invocation de Programme</i> .

Sa représentation dans l'*AddressSpace* est définie dans le Tableau 13.

Tableau 13 – Définition de ProgramDiagnostic2DataType

Attributs	Valeur
BrowseName	ProgramDiagnostic2DataType

5.2.9 VariableType ProgramDiagnostic2Type

Ce *VariableType* regroupe des *Variables* simples en utilisant des *DataTypes* simples qui reflètent les éléments de la structure de *ProgramDiagnosticDataType*. Ses *DataVariables* ont la même sémantique que celle définie en 5.2.8.

NOTE Le *VariableType ProgramDiagnosticType* d'origine présentait les mêmes défaillances que la structure. Pour éviter les conflits avec des mises en œuvre existantes, une nouvelle version, appelée *ProgramDiagnostic2Type*, a été créée.

Le *VariableType* est défini de manière formelle dans le Tableau 14.

Tableau 14 – VariableType ProgramDiagnostic2Type

Attribut	Valeur			
BrowseName	ProgramDiagnostic2Type			
IsAbstract	False			
Références	NodeClass	BrowseName	DataType/TypeDefinition	Modelling Rule
Sous-type du BaseDataVariableType défini dans l'IEC 62541-5.				
HasComponent	Variable	CreateSessionId	NodeId	Obligatoire
HasComponent	Variable	CreateClientName	Chaîne	Obligatoire
HasComponent	Variable	InvocationCreationTime	UtcTime	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastTransitionTime	UtcTime	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodCall	Chaîne	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodSessionId	NodeId	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodInputArguments	Argument[]	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodOutputArguments	Argument[]	Obligatoire
HasComponent	Variable	lastMethodInputValues	BaseDataType[]	Obligatoire
HasComponent	Variable	lastMethodOutputValues	BaseDataType[]	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodCallTime	UtcTime	Obligatoire
HasComponent	Variable	LastMethodReturnStatus	StatusCode	Obligatoire

Annexe A (informative)

Exemple de Programme

A.1 Vue d'ensemble

Cet exemple présente l'utilisation d'un *Programme* pour gérer un téléchargement de domaine dans un système de commande, comme représenté à la Figure A.1. Le téléchargement exige le transfert fractionné des données opérationnelles de commande d'un dispositif de stockage secondaire vers la mémoire locale au sein d'un système de commande.

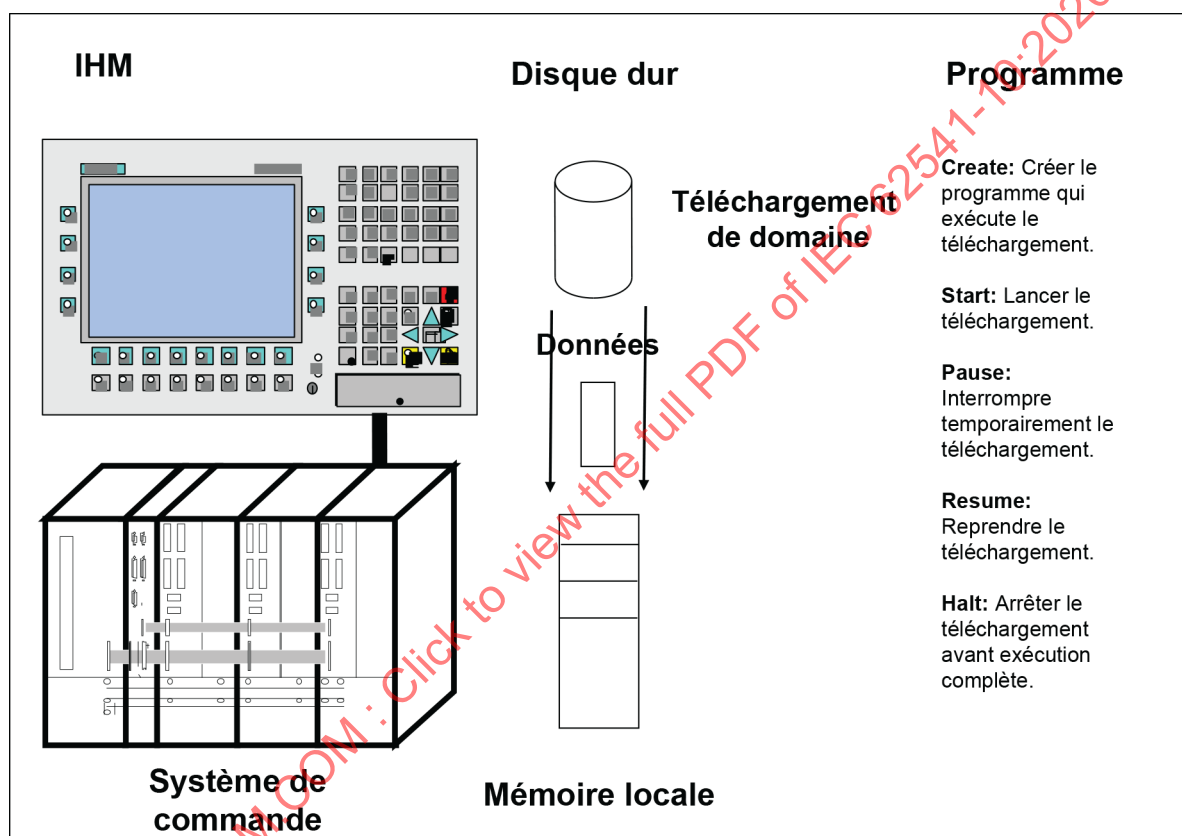


Figure A.1 – Exemple de Programme

Le téléchargement de domaine dispose d'un emplacement source et d'un emplacement cible qui sont identifiés au début du téléchargement. Chaque transfert réussi d'un segment du domaine est notifié au *Client*, en même temps que la quantité de données téléchargées. Le *Client* est également informé de la fin du téléchargement. Le pourcentage des données totales reçues est consigné périodiquement tout au long du téléchargement. En cas d'échec du téléchargement, la cause de la défaillance est consignée. A la fin du téléchargement, les informations relatives à la réalisation de l'opération sont mémorisées sur le *Serveur*.

A.2 Programme DomainDownload

A.2.1 Généralités

Le *Client* utilise le *Programme DomainDownload* pour gérer et surveiller le téléchargement d'un domaine sur le *Serveur*.