

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Energy management system application program interface (EMS-API) –
Part 456: Solved power system state profiles**

**Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie
(EMS-API) –
Partie 456: Profils d'état de réseaux électriques résolus**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Energy management system application program interface (EMS-API) –
Part 456: Solved power system state profiles**

**Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie
(EMS-API) –
Partie 456: Profils d'état de réseaux électriques résolus**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 33.200

ISBN 978-2-83220-756-7

**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
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Profile information	8
4 Overview	8
5 Use cases	9
5.1 General.....	9
5.2 EMS state estimation.....	9
5.3 ENTSO-E Process: Day-ahead congestion forecast.....	10
5.4 System planning studies process.....	11
5.5 Harmonization of planning and operations models.....	12
6 Architecture.....	12
6.1 General.....	12
6.2 Profile architecture	12
6.3 Profiles and datasets for EMS network analysis	15
6.4 Profiles and datasets in a planning power flow	16
6.5 Model authority sets and instance level data modularization.....	17
6.5.1 General	17
6.5.2 EMS instance modularization.....	17
6.5.3 Planning instance modularization	18
6.6 Principles of instance modularization.....	19
7 Applying the standard to business problems.....	21
7.1 EMS network analysis integration with external consumers	21
7.2 Planning network analysis integration with external consumers	23
8 Data model with CIMXML examples.....	24
8.1 Measurement interfaces 2 and 3.....	24
8.2 Topology interface 4.....	24
8.3 State variables interfaces 5a and 5b state estimation	26
9 Topology profile.....	30
9.1 General.....	30
9.2 Concrete classes.....	30
9.2.1 Terminal.....	30
9.2.2 TopologicalNode.....	31
9.3 Abstract classes – IdentifiedObject.....	31
10 StateVariables profile	32
10.1 General.....	32
10.2 Concrete classes.....	32
10.2.1 TopologicalIsland	32
10.2.2 SvInjection	32
10.2.3 SvPowerFlow.....	33
10.2.4 SvShortCircuit	33
10.2.5 SvShuntCompensatorSections.....	33
10.2.6 SvTapStep.....	34
10.2.7 SvVoltage.....	34

10.3 Abstract classes	34
10.3.1 StateVariable.....	34
10.3.2 ActivePower	34
10.3.3 AngleRadians	35
10.3.4 ApparentPower	35
10.3.5 ReactivePower	35
10.3.6 Voltage.....	35
Bibliography.....	36
Figure 1 – TSO sends a case to be merged with the overall model	11
Figure 2 – Profile relationships	13
Figure 3 – Instance example of the CIM connectivity model	14
Figure 4 – EMS datasets by CIM profiles	15
Figure 5 – Planning power flow datasets by CIM profile	16
Figure 6 – State estimation case sequence.....	17
Figure 7 – Instance modularization applied in an EMS.....	18
Figure 8 – Instance modularization applied to planning power flow models	19
Figure 9 – Model merge process.....	20
Figure 10 – EMS datasets to an external client.....	21
Figure 11 – EMS boundary dataset example.....	22
Figure 12 – Bus-branch Integration architecture.....	23
Figure 13 – Bus-branch modeling of bus coupler and line transfer	23
Figure 14 – CIM topology model	24
Figure 15 – Topology solution interface.....	25
Figure 16 – CIM state variable solution model.....	27
Figure 17 – State solution interface example	29
Table 1 – Profiles defined in this document.....	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ENERGY MANAGEMENT SYSTEM APPLICATION
PROGRAM INTERFACE (EMS-API) –****Part 456: Solved power system state profiles**

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.

International Standard IEC 61970-456 has been prepared by IEC technical committee 57: Power systems management and associated information exchange.

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

FDIS	Report on voting
57/1327/FDIS	57/1342/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 61970 series, under the general title: *Energy management system application program interface (EMS-API)*, can be found on the IEC website.

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

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

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

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61970-456:2013

INTRODUCTION

This standard is one of several parts of the IEC 61970 series that defines common information model (CIM) datasets exchanged between application programs in energy management systems (EMS).

The IEC 61970-3xx series of documents specify the common information model (CIM). The CIM is an abstract model that represents the objects in an electric utility enterprise typically needed to model the operational aspects of a utility.

This standard is one of the IEC 61970-4xx series of component interface standards that specify the semantic structure of data exchanged between components (or applications) and/or made publicly available data by a component. This standard describes the payload that would be carried if applications are communicating via a messaging system, but the standard does not include the method of exchange, and therefore is applicable to a variety of exchange implementations. This standard assumes and recommends that the exchanged data is formatted in XML based on the resource description framework (RDF) schema as specified in 61970-552 CIM XML model exchange standard.

IEC 61970-456 specifies the profiles (or subsets) of the CIM required to describe a steady-state solution of a power system case, such as is produced by power flow or state estimation applications. It describes the solution with reference to a power system model that conforms to IEC 61970-452 in this series of related standards. (Thus solution data does not repeat the power system model information.) IEC 61970-456 is made up of several component profiles that describe: topology derived from switch positions, measurement input (in the case of state estimation), and the solution itself.

IECNORM.COM Click to view the full pdf IEC 61970-456

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM APPLICATION PROGRAM INTERFACE (EMS-API) –

Part 456: Solved power system state profiles

1 Scope

This part of IEC 61970 belongs to the IEC 61970-450 to IEC 61970-499 series that, taken as a whole, defines at an abstract level the content and exchange mechanisms used for data transmitted between control centers and/or control center components.

The purpose of this part of IEC 61970 is to rigorously define the subset of classes, class attributes, and roles from the CIM necessary to describe the result of state estimation, power flow and other similar applications that produce a steady-state solution of a power network, under a set of use cases which are included informatively in this standard.

This standard is intended for two distinct audiences, data producers and data recipients, and may be read from those two perspectives. From the standpoint of model export software used by a data producer, the standard describes how a producer may describe an instance of a network case in order to make it available to some other program. From the standpoint of a consumer, the standard describes what that importing software must be able to interpret in order to consume solution cases.

There are many different use cases for which use of this standard is expected and they differ in the way that the standard will be applied in each case. Implementers should consider what use cases they wish to cover in order to know the extent of different options they must cover. As an example, this standard will be used in some cases to exchange starting conditions rather than solved conditions, so if this is an important use case, it means that a consumer application needs to be able to handle an unsolved state as well as one which has met some solution criteria.

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 61970-452, *Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 452: CIM Static Transmission Network Model Profiles*¹

IEC 61970-453, *Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 453: Diagram Layout Profile*

IEC 61970-552, *Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 552: CIM XML Model Exchange Format*²

¹ To be published.

² To be published.

3 Profile information

The profiles defined in this document are based on the UML version CIM14v14.

The profiles are listed in Table 1.

Table 1 – Profiles defined in this document

Name	Version	URI	Revision date
StateVariables	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/StateVariables/CIM14/1	2010-03-24
Topology	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/Topology/CIM14/1	2010-03-24

4 Overview

This document describes an interface standard in which CIM/XML payloads are used to transfer results created during typical steady-state network analysis processes (e.g. state estimation or power flow solutions). Major requirements/objectives driving the design of this standard include:

- Power flow solution algorithms and output are virtually the same whether run in operations or planning contexts. State estimator output shares a common core with power flow. A single standard is desired so as to minimize software development and enable use cases that cross between environments.
- While some users of this standard might only be interested in the output state, the more general situation is that users continue to perform follow-on analyses (e.g. voltage stability) and require both the input on which the solution was based and the output result.
- Real life analytical processes often involve a series of solutions in which most of the input data remains the same from one solution to the next, and the standard must support these processes in a way that does not repeat data unnecessarily.

In order to meet these requirements, this standard depends on modularizing the potentially voluminous overall input and output data into subsets that would each be realized as smaller, separate CIM/XML payloads. An instance of one of these subsets is referred to herein as a 'dataset'.

Two types of partitioning into datasets are utilized. In the first, the data is modularized according to what kind of data is produced (which generally corresponds with what kind of application produces the data). CIM 'profiles' (subsets of the complete CIM) define the classes and attributes that make up of each kind of modularization. The second type of partitioning is by 'model authority set' (MAS), which divides data into sets of object instances according to which utility or entity in an interconnection is responsible for the data. This partitioning occurs at the instance level and produces multiple datasets governed by the same profile that combine to form the complete set of data for that profile. Understanding the partitioning approach is critical to understanding how to use this standard to implement a particular business scenario.

This standard is flexible and designed to satisfy a wide range of analytical scenarios in the planning and operating business environments. We expect that where parties are using it to collaborate in some business process, those parties will often want to create additional business agreements that describe any restrictions and customizations of the standard that are deemed necessary for their process. In most cases, these additional agreements will be local agreements and will not be IEC industry standards.

The CIM/XML formatting of partitioned payloads is defined in IEC 61970-552. This method of formatting has the useful characteristic that valid XML describing a complete model could be achieved simply by concatenating the XML for each partition. Thus 'merge' and 'extract' of pieces of the modeling require no separate 'stitching' instructions and is conceptually a very simple process. IEC 61970-552 also describes how payload headers provide information as to how payloads fit together.

How to read this document:

- Clause 5, "Use cases", gives examples of business problems that this standard is intended to address.
- Clause 6, "Architecture", summarizes how the model partitioning works and describes how the parts described in this document work with parts described in other IEC 61970 series standards.
- Clause 7, "Applying the standard to business problems", describes how to go about applying the standard to your particular business problem.
- Clause 9, "Topology profile" defines the kinds of datasets controlled by this standard. (This section is auto-generated from CIMTool and is where you see the CIM modeling detail.)

5 Use cases

5.1 General

Clause 5 presents some of the business problems that were considered in the design of this standard and discusses how the standard is expected to provide value to the industry.

5.2 EMS state estimation

EMS operations typically run state estimator automatically, usually triggered either by occurrence of certain events or by a time period. Periods of 10 min or more used to be the norm, but currently many state estimator installations are running with much shorter periods approaching 5 s and nearly the same periodicity as SCADA (supervisory control and data acquisition) and consequently rendering event based triggering of state estimator important.

The state estimator's job is to create the best view of the state of the system, based on the latest available snapshot of the SCADA measurements. The resulting steady state solution of the power system is used as input data for a number of important functions:

- A traditional EMS is usually configured by the EMS vendor with contingency analysis running on the result of the state estimator. While a standard is usually not necessary for applications from the same vendor, there is industry interest in being able to run alternate algorithms for either state estimation or contingency analysis.
- A growing number of other analytical functions that were not originally part of the EMS are also using the state estimator result as the starting point for real-time analysis (e.g. voltage stability).
- Where market systems exist, they normally require real-time exchange of state estimation result from the EMS to the market system, and these systems often are supplied by different vendors.
- Users are interested in being able to connect advanced user interface and situation awareness modules from different vendors into an EMS, and these modules need to acquire state estimator data.
- It is desirable to be able to run historical analysis as well as real-time analysis from state estimator results. This requires estimator results can be archived efficiently, and users shall be able to import results into network planning tool environments that are normally not supplied by the EMS vendor.

All of these situations require an efficient standard method of producing state estimator results and making them available to other applications.

If the complete set of input data and output data were stored for a large interconnection model running on, say, a 10 s period, it would produce a great deal of data and pose a considerable challenge to any real-time exchange. However, there are some obvious characteristics of this problem that may be exploited to reduce the data burden.

- The network model is by far the largest part of the data. It changes infrequently and when it does change, the changes are a small set of data. Only the initialization of the system actually requires a complete large model.
- The topology of the system changes more frequently (when switching devices change position), but still is relatively infrequent and again the changes are small compared to the complete topology.
- Analog measurement input changes completely each run, but in many of the use cases, this data is not required by the consumer. Analog data may also usually be approximated from an analog history if it is not stored.
- Solution state variables change at each run.

What is required of the standard in order for each kind of business exchange to take advantage of these characteristics is that the network model and the topology may be updated only when they change. It is also valuable if updates can be represented in incremental form, rather than by re-transmission of a full model. Consumers of the data then are able to initialize themselves with a full network model and topology when they start, but only receive updates if there were changes. This reduces the data volume problem from Gbytes/solution and Tbytes/day to a more manageable Mbytes/solution and Gbytes/day.

5.3 ENTSO-E³ Process: Day-ahead congestion forecast

A daily analytical operational process called day ahead congestion forecast (DACF) is currently applied in the ENTSO-E regional group continental Europe. In this process,

- each TSO prepares a power flow case covering exactly its own territory representing each hour of the following day (based on day-ahead market outcomes). These cases are transferred to a central server;
- the full set of submitted cases may be checked for mutual compatibility. (i.e. do the boundary exchange conditions match);
- once all cases are submitted, each TSO downloads from the central server the cases posted by their neighboring TSOs. These are combined with their own models to form a set of study models on which they can analyze the congestion in their region for the next day;
- congestion result cases may be exchanged among TSOs, as the situation warrants.

This work is carried out primarily with planning tools running bus-branch models (although an obvious possible variation on the process would be to generate cases with EMS tools).

Even though the DACF process is not a real-time process like state estimation, it is quite similar in that a sequence of cases is produced representing periodic intervals. The solution values will change at each case, but the network model will change rarely and the topology will change occasionally. Conserving file size is a concern, and that concern is addressed if the standard allows the network model and topology to be exchanged incrementally.

DACF raises another set of requirements, however. Unlike the state estimator scenarios, which feature complete transfer of a solution, the DACF involves a lot of merging and extracting of pieces of solutions. In Figure 1, TSO A runs power flows to develop a picture of

³ European network of transmission system operator-electricity.

its territory for the following day. This would be done with models that include representations of neighboring TSOs. They shall post, however, only the part of the model representing their own territory, and this shall be a stand-alone solved power flow. (In ENTSO-E, boundaries between TSOs are, by agreement, always at the mid-point of tie-lines, and single TSO cases are formed with equivalent injections at each tie-line mid-point.) At the central site, or at any TSO, submitted internal cases shall be able to be reliably and automatically re-combined to form models with coverage appropriate to whatever task is at hand.

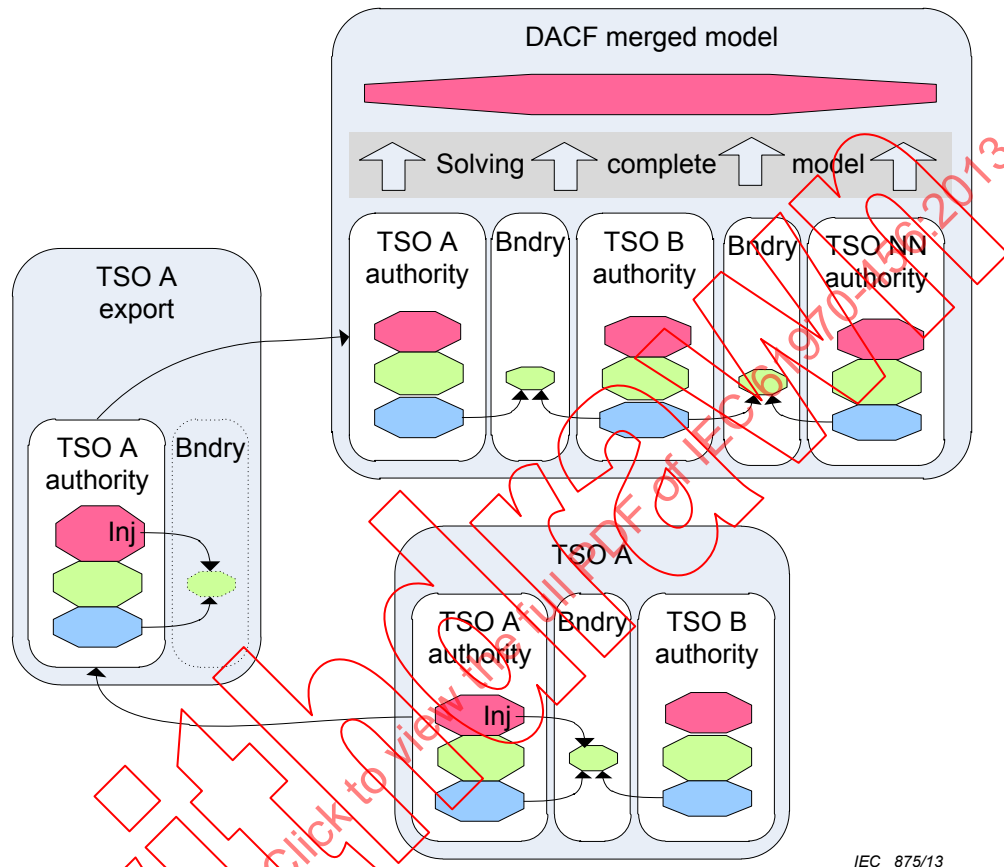


Figure 1 – TSO sends a case to be merged with the overall model

The octagons in Figure 1 represent datasets. The colors of the sets have the following meanings.

- magenta - data described by state variables profile;
- green - data described by the topology profile;
- blue - data described by the equipment profile.

Refer also to Figure 2.

5.4 System planning studies process

There are many synchronous interconnections worldwide (such as ENTSO-E discussed above) that require cooperative construction of future models by its members in order to support planning of the interconnection. Typically, “base cases” are constructed representing future time frames by combining submittals from each interconnection member, a process that closely resembles that depicted in Figure 1 for operational analysis. Instead of day-ahead, a planning case may represent years ahead; instead of daily update, a planning case must be reconstructed as plans change; instead of a known functioning power system, a planning case is not real yet. But in terms of process and in terms of data requirements, the assembly of base cases for planning is the same as in Figure 1, and it is the objective of this standard to

support both construction of base cases and the exchange of solution cases that necessarily occurs among members during the analysis based on these cases.

5.5 Harmonization of planning and operations models

Network analysis is universally carried out with what is known as ‘bus-branch’ modeling, where most or all zero impedance switching devices are eliminated to form logical buses, and where load, generation and regulation parameters have been selected for a single point in time. However, there are significant differences in the way that network models are handled in operations and planning contexts.

- Planners tend to work extensively with a few selected bus-branch ‘cases’. For example, they will set up the conditions that represent a summer peak load for a future network, and then study variations on that case. Planning tools typically provide for direct entry of buses and single point in time parameters.
- Operations environments (EMS) require the ability to set up bus-branch cases automatically for any point in time. They typically begin with a network model with switching detail, and with schedules for time-varying parameters – and then the EMS will have applications that compute the bus topology from switch status, and compute specific parameters from time-varying schedules.

Our goal here is to create a standard that can support the following situations effectively:

- a) power system modeling where planning and operations are managing their models independently;
- b) consolidated modeling, where a single source supports both planning and operations;
- c) initialization of planning cases from operations results, regardless of whether modeling is consolidated;
- d) initialization of operations models from planning models;
- e) construction of external operations models from models of neighboring systems;
- f) construction of interconnection planning models from models of the constituent systems.

Most of the requirements derived from the above list bear more strongly on the static modeling of the power network, which is covered in IEC 61970-452. From the standpoint of solution exchange, it is simply important to remain consistent with all these requirements.

6 Architecture

6.1 General

The main architectural feature of this standard is data modularization:

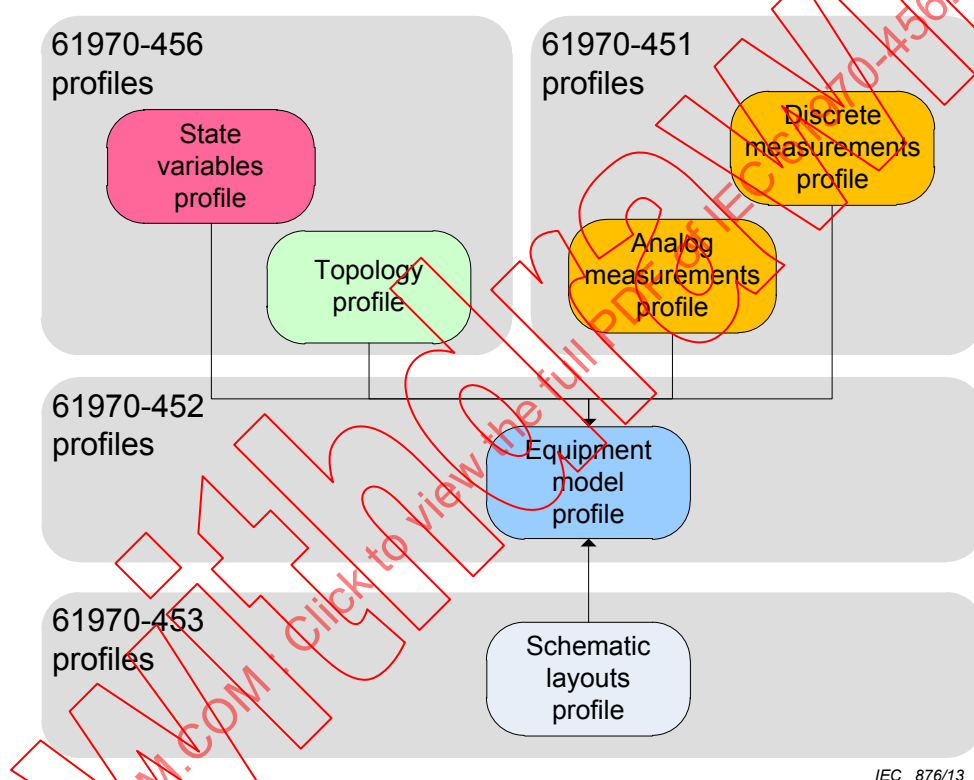
- modularization by data model (CIM) profiles (usually reflects the application that produces the data);
- modularization by grouping of instance data into model authority sets (MAS) (usually reflects regional responsibility).

6.2 Profile architecture

Figure 2 shows the profiles that are covered by the IEC 61970-450 to 61970-499 series specifications and depicts the relationships between them. The profiles are defined in different IEC 61970-450 specifications where each specification defines a group of profiles:

- Static network model profiles defined in IEC 61970-452
 - equipment profile. The static modeling information describing power system physical elements and their electrical connections;
 - schedules profile. The time-varying specifications for power system quantities;

- measurement specification profile that defines power system measurements.
- Schematic display layout exchange profiles defined in IEC 61970-453
 - schematic layout exchange profile. Describe the elements of schematic or geographic displays that typically shall be amended when new elements are added to a network model.
- Steady-state solution profiles defined in IEC 61970-456 (this document)
 - topology profile. The bus-branch result as is produced by a topology processor;
 - state variables profile. The result of a state estimator or power flow, or the starting conditions of state variables;
 - discrete (status) measurement profile. A set of switch states at a given points in time;
 - analog measurement profile. A set of analog measurements at a given points in time.



IEC 876/13

Figure 2 – Profile relationships

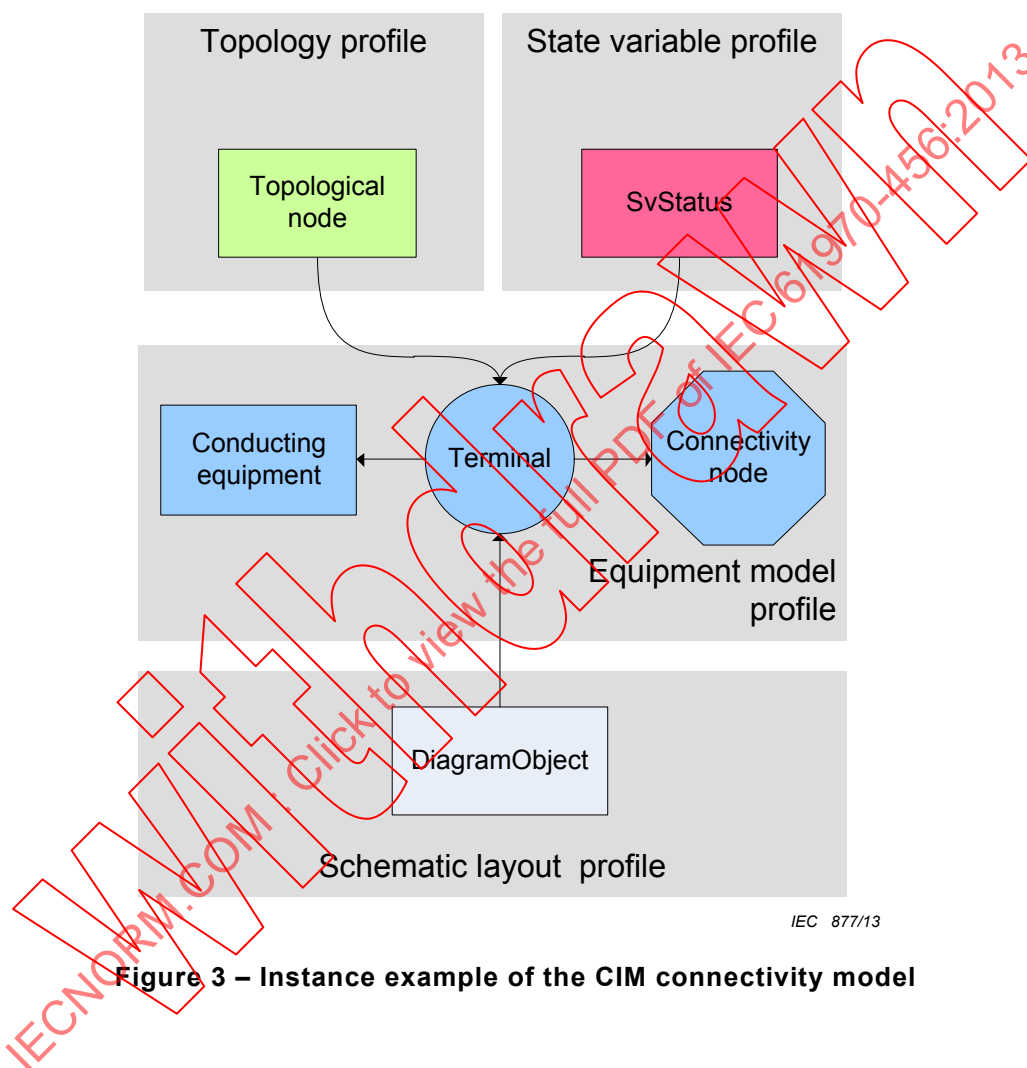
These modules satisfy the needs of network analysis business processes used in operations settings (with node-breaker models), in planning settings (with bus-branch models), and for transfers between operations and planning.

In Figure 2, an arrow between profiles indicates that there are relationships defined between classes in the two profiles. The directionality indicates that classes in the “from” profile depend on classes in the “to” profile. For data this means that “from” class data refers to or depends on “to” class data. Example: an instance of an equipment model may have many state variable instances that refer to that equipment model.

In IT-systems, datasets corresponding to the profiles in Figure 2, are exchanged between functions and/or applications. Some examples of applications and their dataset exchange are described below.

The equipment model has detailed substation connectivity based on the ConnectivityNode and terminal classes, refer to Figure 3. The terminal class is central in that it is used by the topology, state variables and schematic layout profiles as well as to associate ConnectivityNodes with ConductingEquipment. Hence the Terminal is an integral part of the equipment model.

It would be possible to create a connectivity profile by factoring out the ConnectivityNode and the Terminal.ConnectivityNode reference. This then introduces complexity and data duplication that mitigate the creation of the connectivity profile.



IEC 877/13

Figure 3 – Instance example of the CIM connectivity model

6.3 Profiles and datasets for EMS network analysis

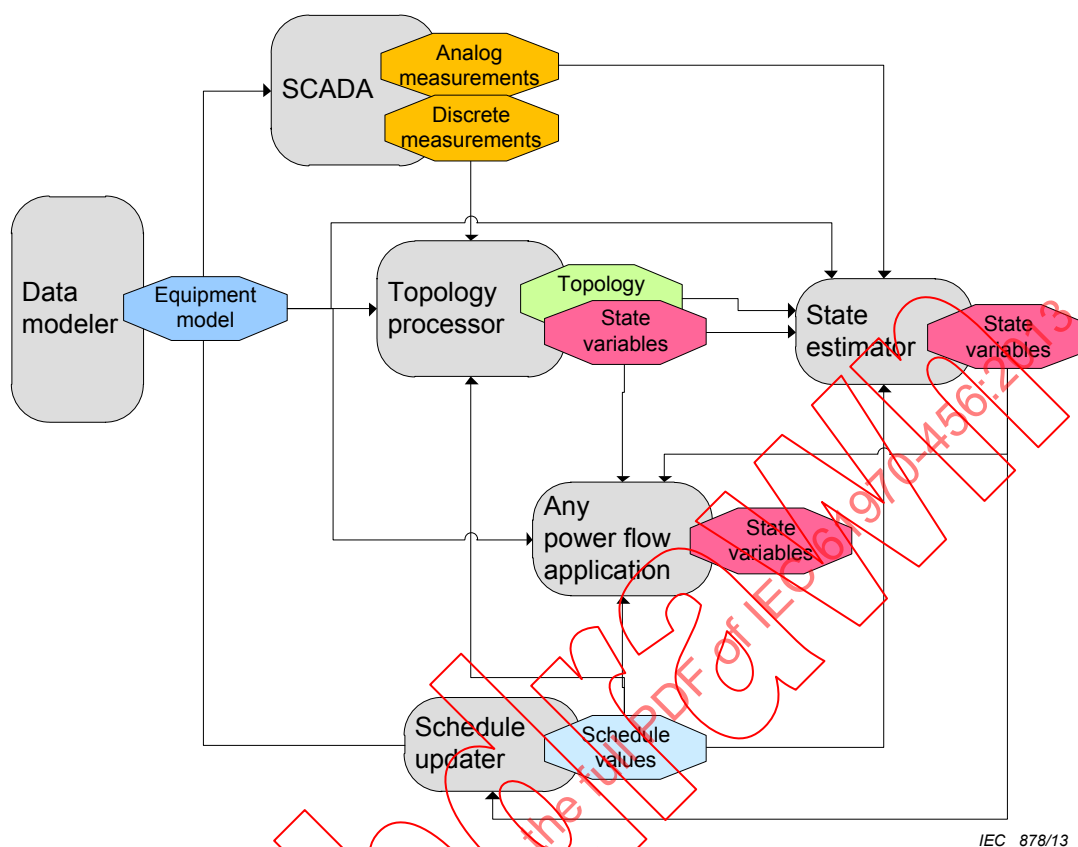


Figure 4 – EMS datasets by CIM profiles

Figure 4 shows how datasets governed by the different CIM profiles that are produced in an EMS. The octagons in the EMS show datasets that are described by the profiles. The rounded octagons represent typical application modules. Data typically flows from producers to consumers as follows. The modeler application produces the equipment model.

The SCADA application uses equipment measurement model as input and produces, periodically, new analog and discrete (e.g. status) measurements.

The topology application uses equipment model from the modeler and discrete measurements from SCADA to determine the starting conditions for a state estimation algorithm, which results in topology and state variable datasets.

The state estimation application uses the analog measurements, the equipment model, the topology and the state variable datasets as input and produces the solved state expressed as a state variable dataset. (Note here the same profile, state variables, governs a dataset used for input and a different dataset containing the solution.)

Any power flow based application, e.g. contingency analysis, uses equipment model, topology and solved state variables to produce multiple contingency solutions also expressed as state variables.

The scheduler update application uses the equipment schedules model from the data modeler with state variables datasets from other applications to create schedule values. The schedule values can be used by state estimation or any power flow application as an alternate source of input data.

6.4 Profiles and datasets in a planning power flow

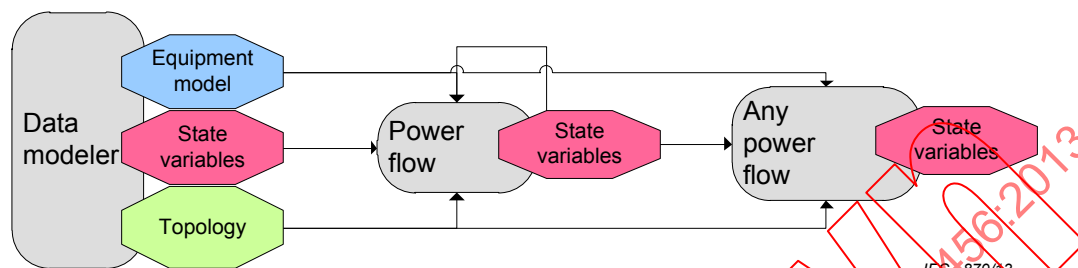


Figure 5 – Planning power flow datasets by CIM profile

Figure 5 shows this same sort of diagram for a planning power flow environment. In this situation:

- the modeling application is only used to generate cases for a single point in time, so there is no need for schedules and initial state variables are created as input;
- no state estimator exists, so measurements are not required;
- users typically enter data directly as a topology result.

These diagrams illustrate how datasets conforming to standard CIM profiles may be produced in some common configurations. The reason the standard is constructed on these profiles is so that in typical sequences of operations a complete record of input and output can be saved without duplicating information unnecessarily. Figure 6, we see what this would look like for the case of periodic execution of state estimation. In the first run, each type of dataset would be recorded completely, but in subsequent runs, only those datasets that change need to be produced, and some of those may be produced in incremental form.

In order to make use of this information, a consumer shall be able to re-assemble a complete set of input for its particular purpose. A very common example would be a bus-branch network analysis application that requires a state estimator solution as a starting point. Such an application would normally need the solved instance of state variables, plus an instance of topology representing that used in the state estimate, plus an instance of equipment representing that used in the state estimate. Referring to Figure 6, if such a consumer wanted state variable SV4, it would need topology T2 and equipment E1. Very likely, this consumer is moving from one state to the next. Very likely, when V4 is produced, it has already received and established T2 and E1 when it processed SV3. If so, the only thing it has to do is to acquire the new V4 and check that the topology and equipment datasets have not changed. The structure of datasets is designed to optimize this sort of processing.

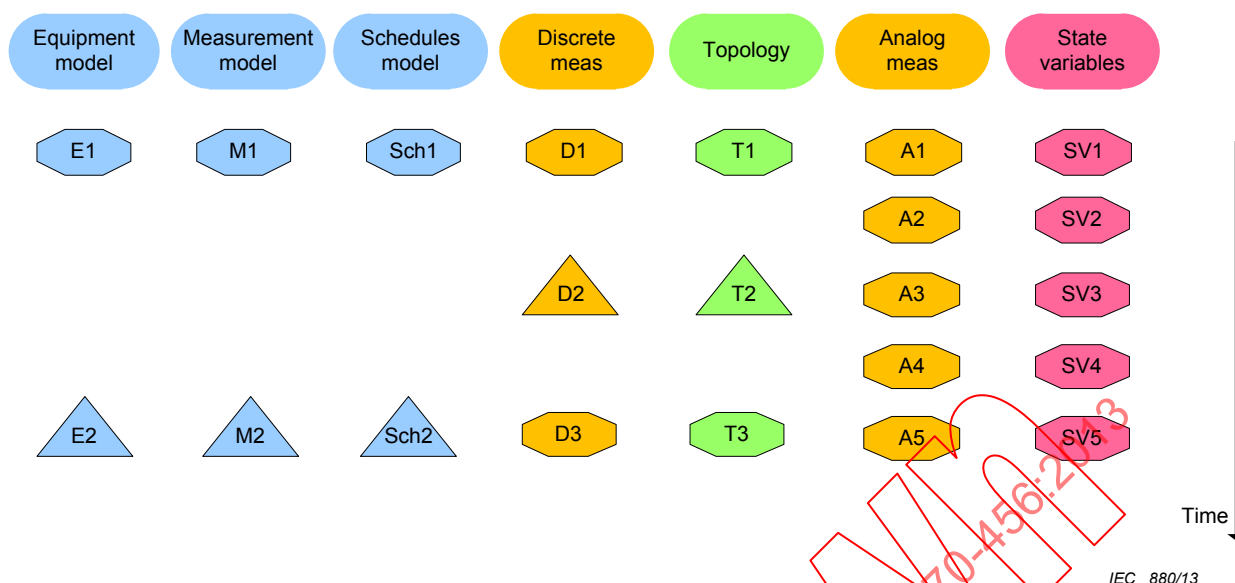


Figure 6 – State estimation case sequence

Figure 6 show two types of datasets:

- octagons that are a full dataset;
- triangles that are a differential dataset.

6.5 Model authority sets and instance level data modularization

6.5.1 General

Modularization by profiles results in modularization of a model by object instance, but each dataset contains only the kinds of objects and relationships defined in the profile to which the dataset belongs. When we use the term 'instance level modularization', we are talking about further partitioning within a profile. This is a technique for efficient re-use of data. It rests on some fairly simple graphical principles, which are summarized in 6.5.2.

6.5.2 EMS instance modularization

Figure 7 illustrates partitioning of models in an EMS. Octagon shapes depict datasets. Those at different vertical points conform to different profiles and those at different horizontal points are different instance modularizations.

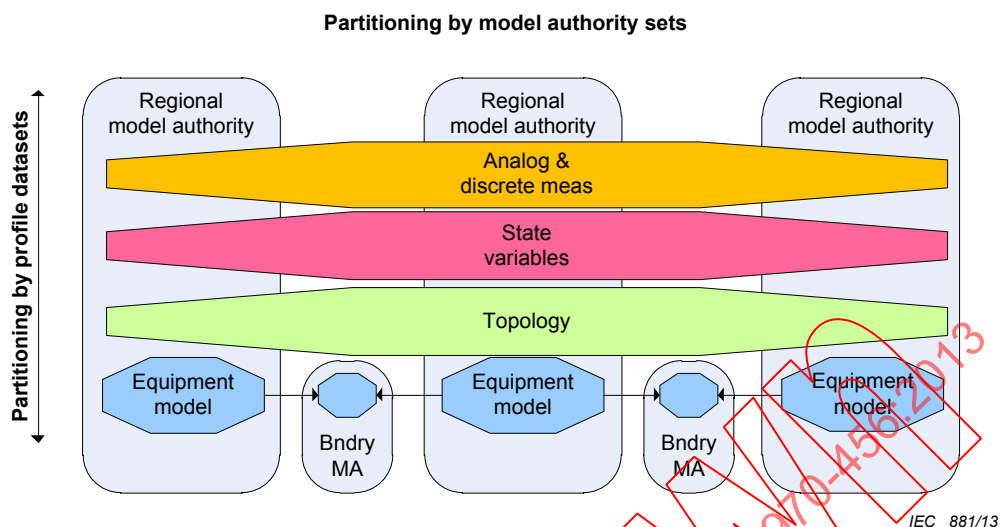


Figure 7 – Instance modularization applied in an EMS

Starting at the bottom and working up this diagram, the elements are as follows:

- Static model data from a modeler
 - equipment model dataset. As shown in Figure 7, some of the model data appears in the boundary;
 - measurement model dataset (not shown in diagram);
 - schedules model dataset (not shown in the diagram).
- Computed data
 - analog and discrete measurement datasets. These datasets contain actual measurements;
 - topology datasets. In an EMS, this is the calculated output of a topology processing application;
 - state variable dataset. In an EMS, this is either the calculated input to a state estimator or power flow (for initializing state variables) or it is the output of a network solution.

From left to right the partitioning between model authority sets is shown. Boundary objects are shared both for equipment model and topology data.

6.5.3 Planning instance modularization

Figure 8 illustrates partitioning of models in network planning applications.

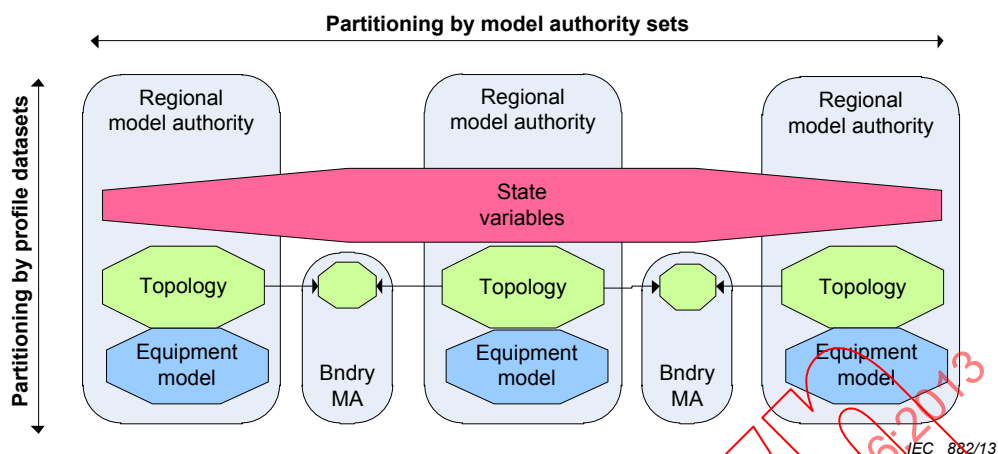


Figure 8 – Instance modularization applied to planning power flow models

Starting at the bottom and working up this diagram, the main elements are as follows:

- Static model data that defines the base case
 - equipment model dataset. As shown in Figure 8, some of the model data appear in the boundary;
 - schedules model dataset (not shown in the diagram);
 - topology datasets.
- Exchange of solved cases
 - State variable dataset.

6.6 Principles of instance modularization

Every dataset has:

- a dataset identity. This typically differentiates its purpose. Thus 'region A as-built model' would be different from 'region A equivalent', even though they occupied exactly the same position in a larger model;
- a dataset version;
- a profile reference defining the object and relationship types that are allowed in the dataset;
- an optional model authority set reference defining the association with a regional partitioning. There might be region A partitions of equipment and connectivity, for example.

Whereas CIM profiles are standardized when exchanged and vendors shall support datasets conforming to the standard profiles, the use of instance modularization is a matter of convenience for the business process. Although vendor applications shall support model authority sets, the manner in which they are applied is user-determined and not constrained except that model authority sets that will be merged to form models shall be disjoint – i.e. non-overlapping. Figure 9 illustrates the model merge process where models managed by different model authority sets are merged into a global model. The merge process includes datasets for multiple profiles.

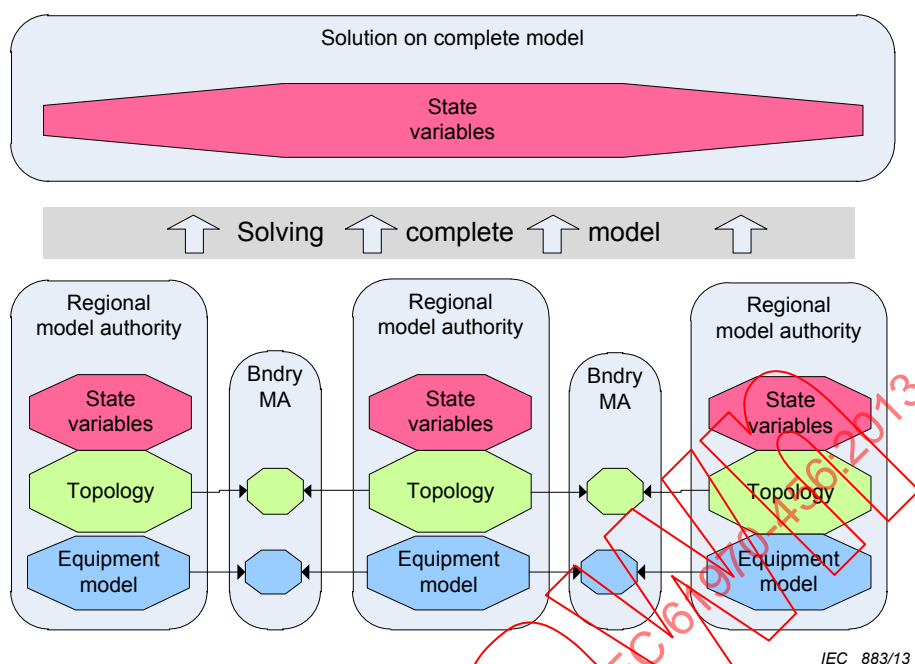


Figure 9 – Model merge process

A useful way to describe what is happening with overall modularization is to picture a complete set of data graphically (as is done in RDF), where the nodes of the graph are object instances and where the arcs of the graph are relationships between object instances. A modularization of this complete model is defined as any partitioning of nodes into non-overlapping subsets of nodes (i.e. disjoint sets). Each subset may be described as a sub-graph. (There is no requirement that such a sub-graph is connected – i.e. that its nodes are connected internally to the sub-graph.)

There are obviously a great many possible modularizations of any large model. Power systems have specific objectives, however:

- modularization according to the producer application;
- modularization according to responsibility for data. This facilitates the exchange of regional models and assembly of whole models from contributed parts – hence the term ‘model authority set’;
- modularization according to functional building blocks. This optimizes business processes where one subgraph is re-used in many situations – as is true with the power system equipment modeling.

A relationship between two sub-graphs means that the applications or users that manage the datasets (i.e. add, delete or modify objects) shall be aware of the potential for invalidating the relationship. The reason these relationships are important is that many related business problems may be solved by re-using sub-graphs in different situations, and the external connections of the sub-graphs must plug together in order to make this work.

Relationships in CIM UML are (at the moment) not directional and datasets (i.e. sub-graphs) in CIM/XML are typically made directional in the profile specifications. Specifying the relationship from one end is used if the referred-to dataset is created at one step in a process, and then referring dataset is created later, e.g.

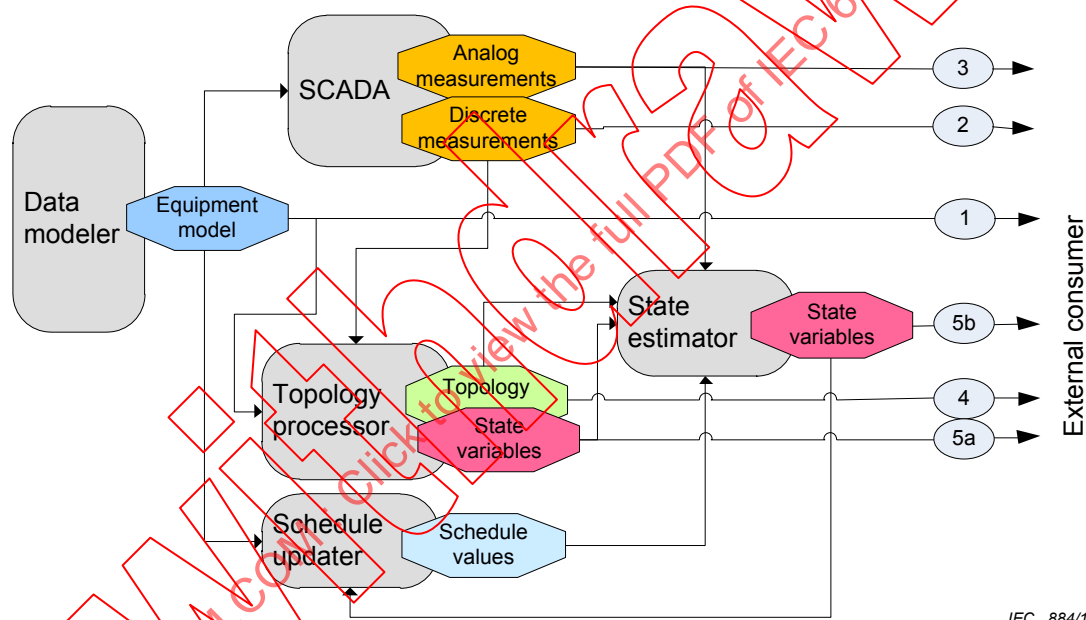
- an equipment model datasets are created in a power system modeling tool and made available for applications. The modeler should not have to know what this equipment dataset will be used for. As topology and various solutions are run, result datasets are created. These datasets logically relate back to Equipment model;

- boundary data sets are agreed upon between two or more parties. Once defined and existing, the boundary datasets can be imported into data modeler tools where its objects can be referenced when building regional model authority set datasets. Boundary datasets act as isolation layers that keep the regional model authority set datasets mutual unaware of its internal data. Hence it is important that the boundary datasets are created early on;
- in power systems, for example, the boundary set contains nodes either in the middle of or at one end of each tie line. Since ties change rarely and are very well known, it is usually easy from this starting point to build regional sets that correspond to the territory of one transmission owner.

7 Applying the standard to business problems

7.1 EMS network analysis integration with external consumers

An architecture for transfer of data from a SCADA/EMS to an external client is shown in Figure 10.



IEC 884/13

Figure 10 – EMS datasets to an external client

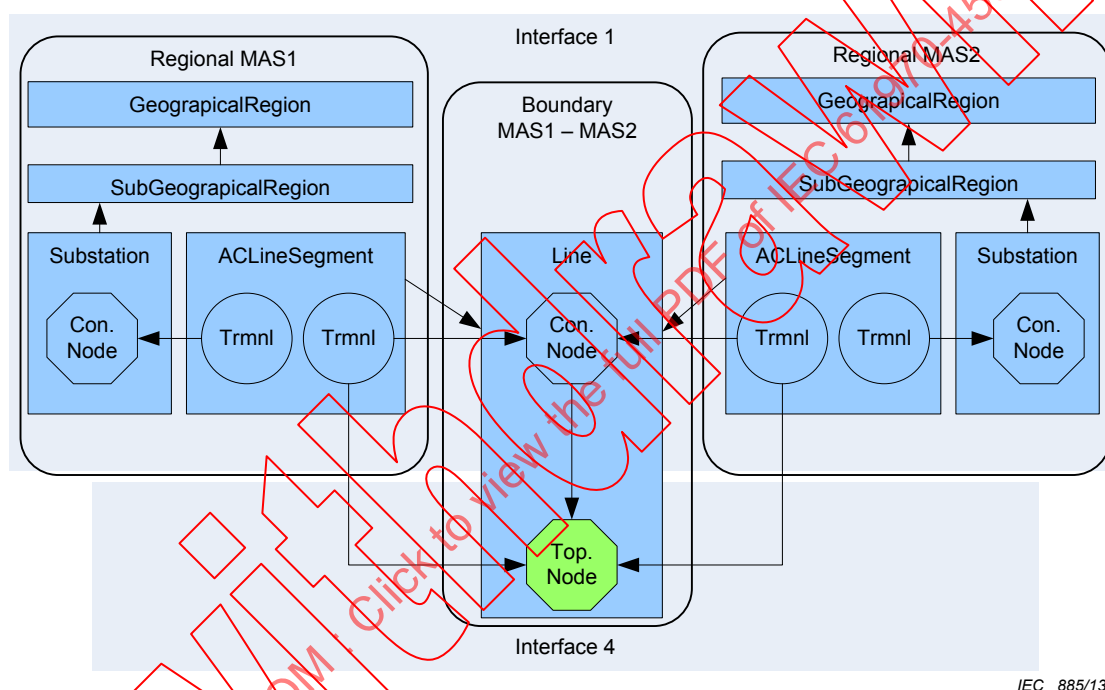
The following interfaces are shown in Figure 10:

- network model data as described in IEC 61970-452;
- network discrete measurements dataset;
- network analog measurements dataset;
- topology processor result dataset;
- state variables a) input values and b) state estimator results.

Different consumers may be interested in different combinations of these interfaces.

- Interfaces 1, 4, 5b would support an external contingency analysis.
 - Add interface 2 if contingencies are defined in terms of switch data.
- Interfaces 1, 4, 5b would support voltage stability analysis.
- Interfaces 1, 3, 4, 5a would support an external state estimator.
- Interfaces 1, 4, 5 (a or b) would support external planning-type power flows (which typically operate in bus-branch models for a single point in time).
 - Add interface 2 if topology processing is supported to enable switch data input.
 - Add interface 3 if measurements are desired for study state estimation.

Figure 11 show how the boundary dataset tie together two regions MAS1 and MAS2



IEC 885/13

Figure 11 – EMS boundary dataset example

Figure 11 follows the colour conventions for profiles/datasets defined earlier. The following shorted CIM class names are used:

- Con.Node = ConnectivityNode;
- Top.Node = TopologicalNode;
- Trmnl = Terminal.

The arrow directions reflect the directions as defined in the profile documents. As can be seen, all references are going from the regional MAS into the boundary.

7.2 Planning network analysis integration with external consumers

A similar picture for from a source that operates with bus-branch style data is shown in Figure 12.

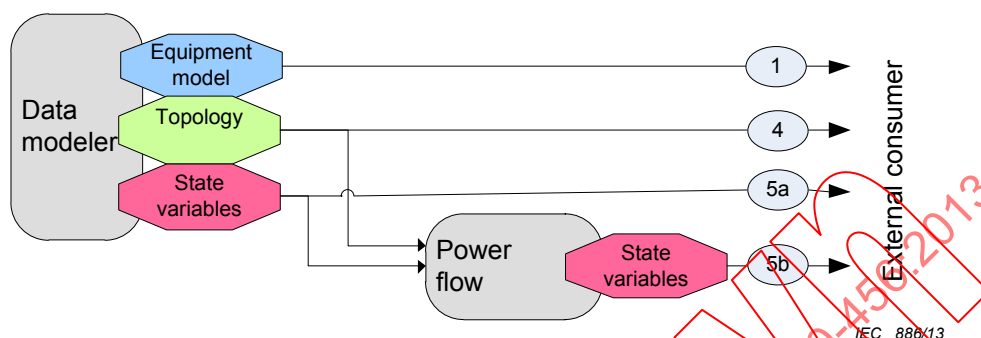


Figure 12 – Bus-branch Integration architecture

The interface specifications for 1, 4 and 5 are the same as in Figure 10, but in this system, there is no switch level detail (no connectivity dataset) and topology is managed manually instead of calculated. In situations such as simple line openings, this means that instead of opening a breaker at the end of the line, the user alters the topology status of the line terminal to open – a straightforward difference.

A more complex change, line transfer between split buses, is illustrated in Figure 13. This is accomplished as follows.

- The voltage level should be represented with two buses with a retained switch between them, even when the bus tie is closed. This will be treated as a zero impedance logical branch within the power flow.
- The bus may then be split by opening the logical branch, as shown in Figure 13.
- Transfer of a transmission line or other equipment between bus bars cannot be made with switching. Instead, the reference (in the topology dataset) between the line/equipment terminal and the TopologyNode representing bus bar is updated.

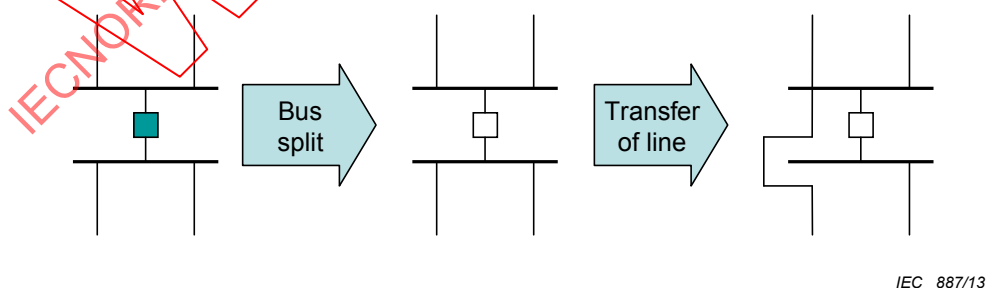


Figure 13 – Bus-branch modeling of bus coupler and line transfer

When systems model topology in this way, the results could theoretically still be transferred to a solution environment like an EMS, but the EMS would have no way to impute the underlying switch status, so it would have to be designed to operate with dual sources of topology input. Clearly, it is more natural to transfer from a node-breaker environment to a bus-branch environment than it is the other direction.

8 Data model with CIMXML examples

8.1 Measurement interfaces 2 and 3

The analog and discrete measurement interfaces are described in IEC 61970-4514.

8.2 Topology interface 4

Interface 4 (refer to Figure 11 and Figure 12) is addressed in this document. Its purpose is to provide the bus-branch topology needed by state estimation or any other power flow based application. The topology can be created by a topology processor as indicated in Figure 14 or a tool where the bus-branch topology is manually maintained.

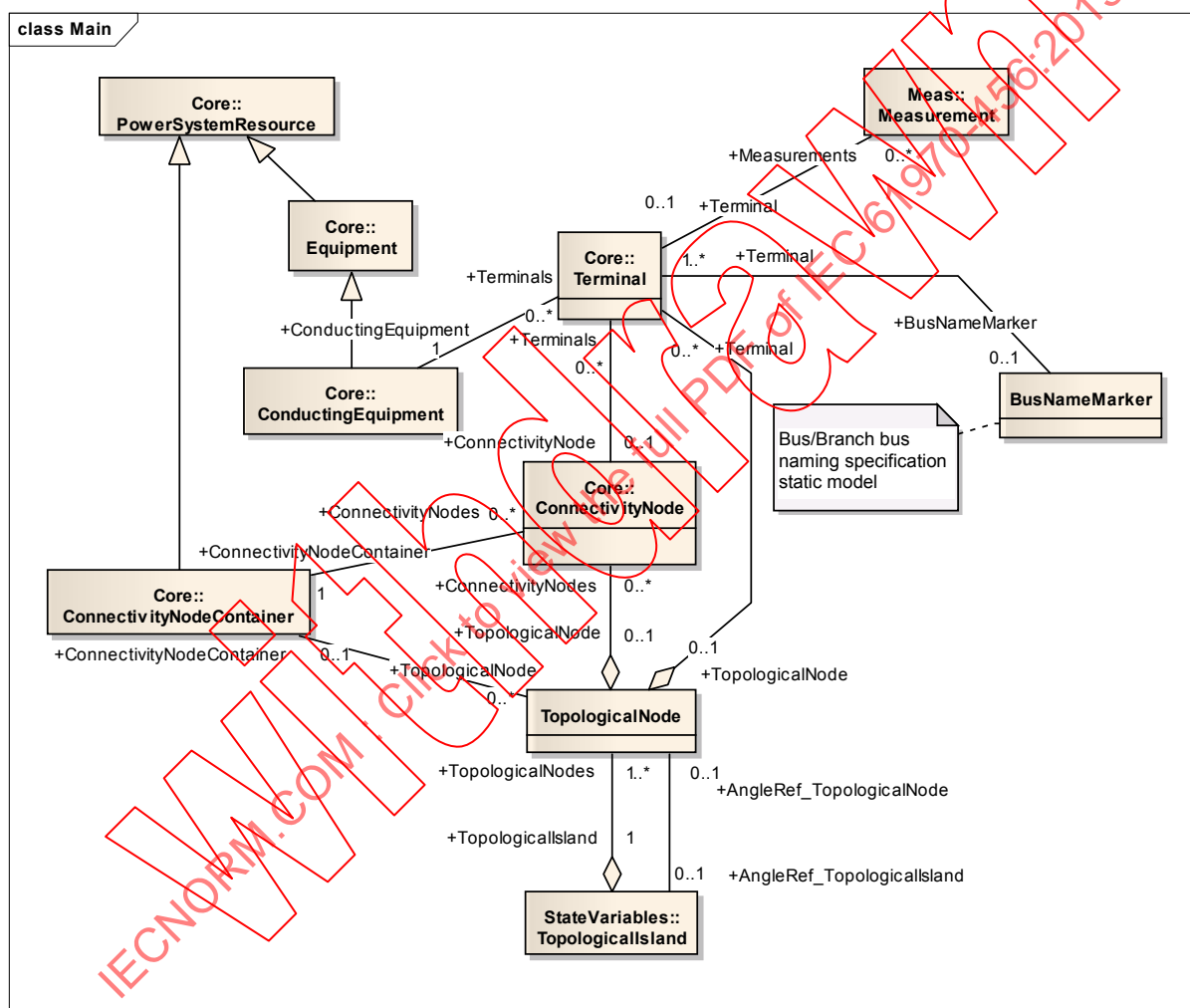


Figure 14 – CIM topology model

The topology solution is based on the classes TopologicalNode and Terminal shown in Figure 14. Disconnecting equipment (e.g. transmission lines, synchronous machines, switches, etc.) is made by setting the attribute Terminal.connected to false. The disconnecting of the coupler in Figure 13 is made this way. Transfer of a transmission line from one bus bar to another as indicated in Figure 13 is made by changing the reference Terminal.TopologicalNode.

A dataset example based on the model in Figure 14 is shown in Figure 15.

```

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#">

  <cim:IEC61970CIMVersion rdf:ID="_301">
    <cim:IEC61970CIMVersion.version>cim6197011v09</cim:IEC61970CIMVersion.version>
    <cim:IEC61970CIMVersion.date>2007-06-12</cim:IEC61970CIMVersion.date>
  </cim:IEC61970CIMVersion>

  <cim:Terminal rdf:about="#T1">
    <cim:Terminal.TopologicalNode rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
  </cim:Terminal>

  <cim:Terminal rdf:about="#T2">
    <cim:Terminal.TopologicalNode rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
  </cim:Terminal>

  <cim:Terminal rdf:about="#T3">
    <cim:Terminal.TopologicalNode rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
  </cim:Terminal>

  <cim:Terminal rdf:about="#T4">
    <cim:Terminal.TopologicalNode rdf:resource="#TN2"/>
    <cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
  </cim:Terminal>

  ...

  <cim:TopologicalNode rdf:ID="TN1">
    <cim:IdentifiedObject.name>BLOO400SUBNET_7048</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:TopologicalNode>

  <cim:TopologicalNode rdf:ID="TN2">
    <cim:IdentifiedObject.name>BLOO220SUBNET_7067</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:TopologicalNode>

  <cim:TopologicalNode rdf:ID="TN3">
    <cim:IdentifiedObject.name>BLOO220SUBNET_7082</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:TopologicalNode>

  ...

</rdf:RDF>

```

IEC 889/13

Figure 15 – Topology solution interface

A topology dataset always references (depends on) an equipment dataset. Normally, any topology instance will, in its header, refer to the equipment instance on which it was based, and in most use cases, this is the equipment instance that the consumer will want to use. This does not prevent its attempted use with other equipment instances, which may make sense in some use cases. Basically, the only software requirement is that all the external references from the topology set resolve to objects in the equipment dataset that it is being plugged into. If a consumer wants to recover the status set that was used as input to the topology, this may be referenced in the header and retrieved as well; however, there are no references from the topology to the status set, so this is not required.

TopologicalNodes are calculated objects, and the exact set of objects that will result depends on the status input. However, there are many use cases where results of network analyses of potentially different topologies need to be related or compared to one another. This makes

sense because the power system stays in a recognizably similar configuration almost all the time, even though it theoretically could reach a very different state occasionally. In general, the key to these use cases is to get the identity associated with the main buses of each substation to be the same. CIM modeling allows the modeler to provide input data to identify the main buses and provide direction as to how bus identity is to be created in the topology processing algorithm. If modelers a) provide such identity direction, and b) establish multiple main buses separated by retained logical devices wherever bus splits are common, then the TopologicalNodes can have consistent identifications (rdf:IDs) from one topology dataset to another.

NOTE This does not mean identical – what it means is that the normal set of buses will be found with the same identifiers, even though occasionally there will be some TopologicalNodes that do not match.

A topology processor or a system may update the bus branch model incrementally, i.e. only recalculate the changed TopologicalNodes and terminals as a result of breaker changes or manual updates. Such a change may be exchanged as an incremental update. In this case, the rdf:IDs in the increment shall correlate to the ones in the previous messages.

Interface 4 may include all model authorities or just a subset. In case just a subset is included, the TopologicalNodes in the boundary shall use the stable identifications. The <cim:Terminal rdf:about= ...> in Figure 15 means that this is an update to an existing cim:Terminal object defined by interface 1. Hence it is possible to merge interface 1 and interface 4 files and the merged file will validate correctly.

8.3 State variables interfaces 5a and 5b state estimation

Interface 5 (refer to Figure 11 and Figure 12) is addressed in this document. Its purpose is to make a steady state solution, such as is created by state estimator or power flow, available to other applications. The state variables model is shown in Figure 16.

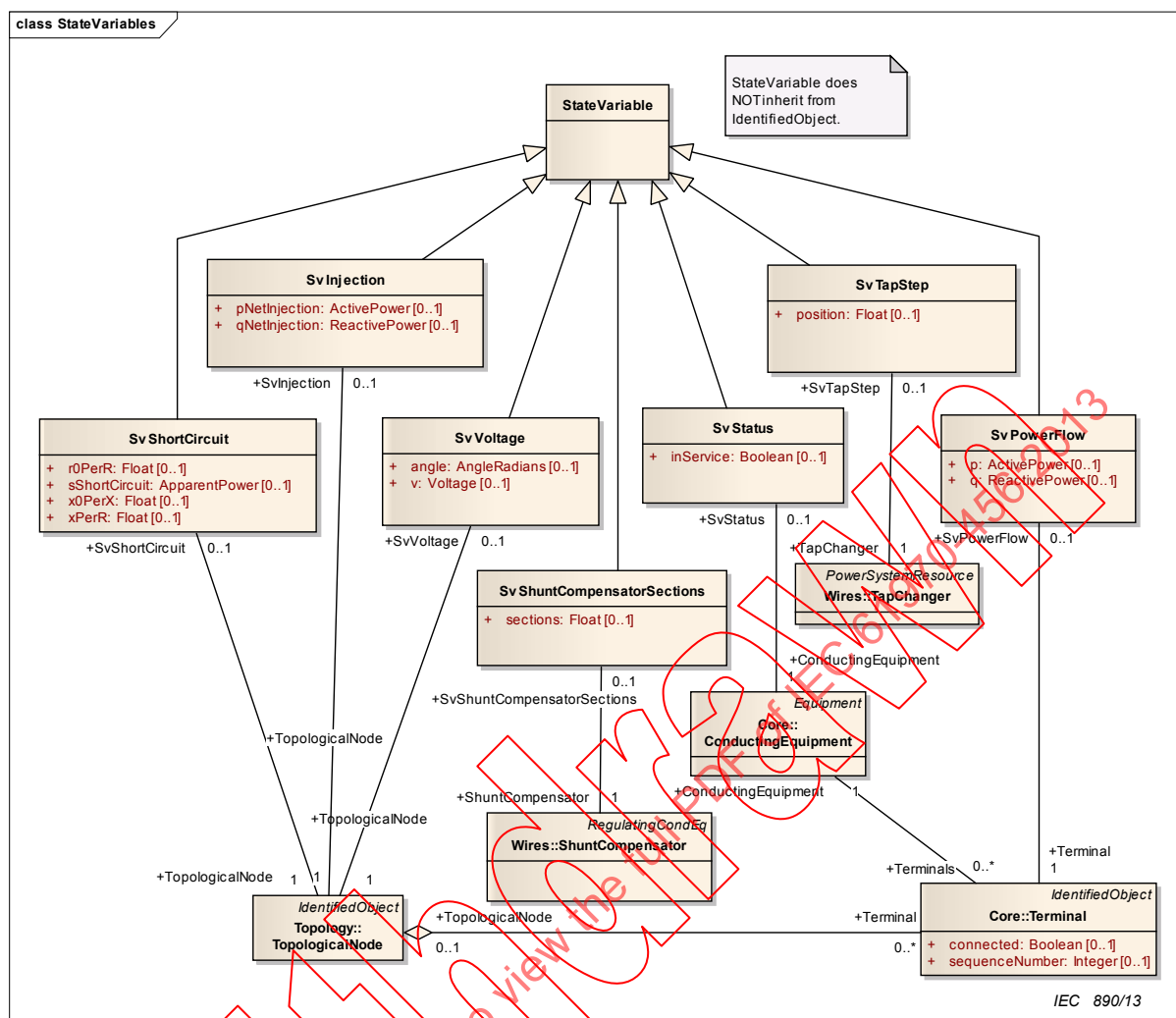


Figure 16 – CIM state variable solution model

The steady state solution is based on the class StateVariable that is specialized into a set of state variables as shown in Figure 16. Note that StateVariable does not inherit from IdentifiedObject as it is fully identified by the object it is attached to.

SvPowerFlow represents the flow into a terminal of any conducting equipment. When initial conditions are being described, it would represent the values of single terminal injections such as load and generation. When solved states are being described, the final values of real equipment injections are provided, and depending on the circumstance, the solved flows in branch terminals may be provided. The SvInjection represents the total injection at a TopologicalNode, i.e. it is the sum of all injecting SvPowerFlows.

SvInjection defines a non-physical additional injection at a TopologicalNode. In other words, this is an injection that has not been associated with a particular piece of conducting equipment. SvInjection may be assigned to every TopologicalNode but this is not required. If it is supplied in a solved case, it represents the balancing term in the bus equation. In other words, SvInjection equals the sum of the flows into all terminals connected to the TopologicalNode. For most solved power flow buses, these values would always be less than the solution tolerance and may be omitted simply because they are insignificant. There are, however, other circumstances where the SvInjection terms are significant:

- SvInjection may be used to represent the flows at the edge of solved region. In this sort of use case, regions of an interconnection solution may be reported individually, with the SvInjection term representing flows into the other parts of the interconnection. (If a receiving party tries to piece the whole solution back together, they would normally check

the SvInjections on both sides of a boundary point for consistency, and then ignore both in further analysis.)

- In a state estimator result, SvInjection may report the injection residual. This can be used to avoid the heuristic assignment of injection residual to loads and generators, and provides a place to report residuals at zero injection buses.
- In unsolved power flows, SvInjection can report the buses at which there is mismatch above tolerance.

A CIM XML example based on the model in Figure 16 is shown in Figure 17.

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61970-456:2013

```

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#">

  <cim:IEC61970CIMVersion rdf:ID="_301">
    <cim:IEC61970CIMVersion.version>cim6197011v09</cim:IEC61970CIMVersion.version>
    <cim:IEC61970CIMVersion.date>2007-06-12</cim:IEC61970CIMVersion.date>
  </cim:IEC61970CIMVersion>

  <cim:TopologicalIsland rdf:ID="TI1">
    <cim:IdentifiedObject.localName>_1001</cim:IdentifiedObject.localName>
    <cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN2"/>
    <cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN3"/>
  </cim:TopologicalIsland>

  ...

  <cim:SvInjection rdf:ID="SvI1">
    <cim:SvInjection.TopologicalNode rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:SvInjection.pNetInjection>123</cim:SvInjection.pNetInjection>
    <cim:SvInjection.qNetInjection>456</cim:SvInjection.qNetInjection>
  </cim:SvInjection>

  <cim:SvInjection rdf:ID="SvI2">
    <cim:SvInjection.TopologicalNode rdf:resource="#TN2"/>
    <cim:SvInjection.pNetInjection>123</cim:SvInjection.pNetInjection>
    <cim:SvInjection.qNetInjection>456</cim:SvInjection.qNetInjection>
  </cim:SvInjection>

  ...

  <cim:SvVoltage rdf:ID="SvV1">
    <cim:SvVoltage.TopologicalNode rdf:resource="#TN1"/>
    <cim:SvVoltage.v>400</cim:SvVoltage.v>
    <cim:SvVoltage.angle>0.1</cim:SvVoltage.angle>
  </cim:SvVoltage>

  <cim:SvVoltage rdf:ID="SvV2">
    <cim:SvVoltage.TopologicalNode rdf:resource="#TN2"/>
    <cim:SvVoltage.v>400</cim:SvVoltage.v>
    <cim:SvVoltage.angle>0.1</cim:SvVoltage.angle>
  </cim:SvVoltage>

  ...

  <cim:SvPowerFlow rdf:ID="SvPF1">
    <cim:SvPowerFlow.Terminal rdf:resource="#T1"/>
    <cim:SvPowerFlow.p>123</cim:SvPowerFlow.p>
    <cim:SvPowerFlow.q>456</cim:SvPowerFlow.q>
  </cim:SvPowerFlow>

  ...

</rdf:RDF>

```

IEC 891/13

Figure 17 – State solution interface example

The state variables are identified by the objects they belong to and their life time depends on that object, i.e. the objects TopologicalNode, ConductingEquipment, Terminal, TapChanger, etc. State variable rdf:IDs are required to be unique within a message only and their rdf:IDs cannot be correlated between messages.

9 Topology profile

9.1 General

Clause 9 lists the profiles that will be used for data exchange and the classes, attributes, and associations that are a part of each profile. Included are all the classes that a data consumer would be expected to recognize in the data being consumed. Additional classes are referenced in Clause 9, when the classes to be exchanged inherit attributes or associations. For instance, many classes inherit attributes from the class IdentifiedObject. However, no instances of the class IdentifiedObject would exist in the data exchanged, so IdentifiedObject has not been included in the set of CIM classes for exchange.

Profile namespace: <http://iec.ch/TC57/61970-456/Topology/CIM14/1#>

9.2 Concrete classes

9.2.1 Terminal

Core

An electrical connection point to a piece of conducting equipment. Terminals are connected at physical connection points called "connectivity nodes".

Native members

connected	0..1	boolean	The connected status is related to a bus-branch model and the TopologicalNode-Terminal relation. True implies the Terminal is connected to the related TopologicalNode and false implies it is not. In a bus-branch model the connected status is used to tell if equipment is disconnected without having to change the connectivity described by the TopologicalNode-Terminal relation. A valid case is that ConductingEquipment can be connected in one end and open in the other. In particular for an ALineSegment where the charging can be significant this is a relevant case.
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	The topological node associated with the terminal. This can be used as an alternative to the connectivity node path to topological node, thus making it unnecessary to model connectivity nodes in some cases. Note that if connectivity nodes are in the model, this association would probably not be used.

9.2.2 TopologicalNode

Topology

For a detailed substation model a TopologicalNode is a set of connectivity nodes that, in the current network state, are connected together through any type of closed switches, including jumpers. Topological nodes change as the current network state changes (i.e., switches, breakers, etc. change state).

For a planning model switch statuses are not used to form TopologicalNodes. Instead they are manually created or deleted in a model builder tool. TopologicalNodes maintained this way are also called "busses" native members.

Native members

BaseVoltage	1..1	BaseVoltage	The base voltage of the topological node.
ConnectivityNodes	0..unbounded	ConnectivityNode	Several ConnectivityNode(s) may combine together to form a single TopologicalNode, depending on the current state of the network.

Inherited members

description	0..1	string	See IdentifiedObject
name	1..1	string	See IdentifiedObject

9.3 Abstract classes – IdentifiedObject

Core

This is a root class to provide common naming attributes for all classes needing naming attributes.

Native members

description	0..1	string	The description is a free human readable text describing or naming the object. It may be non-unique and may not correlate to a naming hierarchy.
name	1..1	string	The name is a free text human readable name of the object. It may be non-unique and may not correlate to a naming hierarchy.

10 StateVariables profile

10.1 General

Clause 10 lists the profiles that will be used for data exchange and the classes, attributes, and associations that are a part of each profile. Included are all the classes that a data consumer would be expected to recognize in the data being consumed. Additional classes are referenced in Clause 10, when the classes to be exchanged inherit attributes or associations. For instance, many classes inherit attributes from the class IdentifiedObject. However, no instances of the class IdentifiedObject would exist in the data exchanged, so IdentifiedObject has not been included in the set of CIM classes for exchange.

Profile namespace: <http://iec.ch/TC57/61970-456/StateVariables/CIM14/1#>

10.2 Concrete classes

10.2.1 TopologicalIsland

StateVariables

An electrically connected subset of the network. Topological islands can change as the current network state changes (i.e. switch or Terminal.connected status changes).

Native members

AngleRef_TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	The angle reference for the island. Normally there is one TopologicalNode that is selected as the angle reference for each island. Other reference schemes exist, so the association is optional.
TopologicalNodes	1..*	TopologicalNodes	A topological node belongs to a topological island.

Inherited members

description	0..1	string	See IdentifiedObject
name	1..1	string	See IdentifiedObject

10.2.2 SvInjection

StateVariables

Injection state variable

Native members

pNetInjection	1..1	ActivePower	The active power injected into the bus at this location. Positive sign means injection into the bus.
qNetInjection	0..1	ReactivePower	The reactive power injected

			into the bus at this location. Positive sign means injection into the bus.
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	The topological node associated with the voltage state.

10.2.3 SvPowerFlow

StateVariables

State variable for power flow

Native members

p	1..1	ActivePower	The active power flow into the terminal.
q	1..1	ReactivePower	The reactive power flow into the terminal.
Terminal	1..1	Terminal	The terminal associated with the power flow state.

10.2.4 SvShortCircuit

StateVariables

State variable for short circuit

Native members

r0PerR	1..1	float	The ratio of zero sequence resistance to positive sequence resistance.
sShortCircuit	1..1	ApparentPower	The short circuit apparent power drawn at this node when faulted.
x0PerX	1..1	float	The ratio of zero sequence reactance per positive sequence reactance.
xPerR	1..1	float	Ratio of positive sequence reactance per positive sequence resistance.
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	The topological node associated with the short circuit state.

10.2.5 SvShuntCompensatorSections

StateVariables

State variable for the number of sections in service for a shunt compensator

Native members

continuousSections	0..1	float	The number of sections in service as a continuous variable.
sections	0..1	integer	The number of sections in service.
ShuntCompensator	1..1	ShuntCompensator	The shunt compensator for which the state applies.

10.2.6 SvTapStep

StateVariables

State variable for transformer tap step. This class is to be used for taps of LTC (load tap changing) transformers, not fixed tap transformers.

Native members

continuousPosition	0..1	float	The floating point tap position.
position	0..1	integer	The integer tap position.
TapChanger	1..1	TapChanger	The tap changer associated with the tap step state.

10.2.7 SvVoltage

StateVariables

State variable for voltage

Native members

angle	1..1	AngleRadians	The voltage angle in radians of the topological node.
v	1..1	Voltage	The voltage magnitude of the topological node.
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	The topological node associated with the voltage state.

10.3 Abstract classes

10.3.1 StateVariable

StateVariables

An abstract class for state variables

10.3.2 ActivePower

Product of RMS value of the voltage and the RMS value of the in-phase component of the current

XSD type: double

10.3.3 AngleRadians

Phase angle in radians

XSD type: double

10.3.4 ApparentPower

Product of the RMS value of the voltage and the RMS value of the current

XSD type: double

10.3.5 ReactivePower

Product of RMS value of the voltage and the RMS value of the quadrature component of the current

XSD type: double

10.3.6 Voltage

Electrical voltage

XSD type: double

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61970-456:2013

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org/>)

IEC 61970-1, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 1: Guidelines and general requirements*

IEC/TS 61970-2, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 2: Glossary*

IEC 61970-301, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common information model (CIM) base*

IEC 61970-501, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) schema*

Withd 2013
IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61970-456:2013

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61970-456:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	40
INTRODUCTION	42
1 Domaine d'application	43
2 Références normatives	43
3 Informations de profil	44
4 Vue d'ensemble	44
5 Cas d'utilisation	45
5.1 Généralités	45
5.2 Estimation d'état de l'EMS	45
5.3 Processus de l'ENTSO-E: Prévion de congestion à J – 1 (day-ahead congestion forecast)	47
5.4 Processus d'étude de planification de système	49
5.5 Harmonisation des modèles de planification et d'exploitation	49
6 Architecture	50
6.1 Généralités	50
6.2 Architecture de profil	50
6.3 Profils et datasets pour analyse de réseau EMS	53
6.4 Profils et datasets dans un calcul de répartition de planification	54
6.5 Ensembles d'autorités de modèle (model authority set) et modularisation des données au niveau instance	56
6.5.1 Généralités	56
6.5.2 Modularisation d'instance d'EMS	56
6.5.3 Modularisation d'instance de planification	58
6.6 Principes de la modularisation d'instance	59
7 Application de la norme aux problèmes métier	61
7.1 Intégration d'analyse de réseau d'EMS avec des clients externes	61
7.2 Intégration d'analyse de réseau de planification avec des clients externes	64
8 Modèle de données avec exemples de CIMXML	65
8.1 Interfaces de mesure 2 et 3	65
8.2 Interface de topologie 4	66
8.3 Estimation d'état des variables d'interface d'état 5a et 5b	68
9 Profil de «topology» (de topologie)	72
9.1 Généralités	72
9.2 Classes concrètes	72
9.2.1 Terminal	72
9.2.2 TopologicalNode	73
9.3 Classes abstraites – IdentifiedObject	73
10 Profil StateVariables (variables d'état)	74
10.1 Généralités	74
10.2 Classes concrètes	74
10.2.1 TopologicalIsland	74
10.2.2 SvInjection	74
10.2.3 SvPowerFlow	75
10.2.4 SvShortCircuit	75
10.2.5 SvShuntCompensatorSections	76

10.2.6 SvTapStep.....	76
10.2.7 SvVoltage.....	76
10.3 Classes abstraites.....	77
10.3.1 StateVariable.....	77
10.3.2 ActivePower.....	77
10.3.3 AngleRadians.....	77
10.3.4 ApparentPower.....	77
10.3.5 ReactivePower.....	77
10.3.6 Voltage.....	77
Bibliographie.....	78
Figure 1 – Le TSO envoie un cas à fusionner avec le modèle global.....	48
Figure 2 – Relations entre les profils.....	51
Figure 3 – Exemple d'instance du modèle de connexité de CIM.....	52
Figure 4 – Datasets EMS par profils de CIM.....	53
Figure 5 – Datasets de calcul de répartition de planification par profil de CIM.....	54
Figure 6 – Séquence de cas d'estimation d'état.....	56
Figure 7 – Modularisation d'instance appliquée dans un EMS.....	57
Figure 8 – Modularisation d'instance appliquée à la planification de modèles de flux de calcul de répartition.....	58
Figure 9 – Processus de fusion de modèles.....	60
Figure 10 – Datasets d'EMS vers un client externe.....	62
Figure 11 – Exemple de dataset d'EMS à la frontière.....	64
Figure 12 – Architecture d'intégration en topologie nodale.....	64
Figure 13 – Modélisation de topologie nodale du coupleur de bus et transfert de ligne.....	65
Figure 14 – Modèle de topologie de CIM.....	66
Figure 15 – Interface de solution de topologie.....	67
Figure 16 – Modèle de solution de variable d'état de CIM.....	69
Figure 17 – Exemple d'interface de solution d'état.....	71
Tableau 1 – Profils définis dans le présent document.....	44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INTERFACE DE PROGRAMMATION D'APPLICATION POUR SYSTÈME DE GESTION D'ÉNERGIE (EMS-API) –

Partie 456: Profils d'état de réseaux électriques résolus

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente, les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 61970-456 a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Gestion des systèmes de puissance et échanges d'informations associés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
57/1327/FDIS	57/1342/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La liste de toutes les parties de la série CEI 61970, publiées sous le titre général: *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API)*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Il convient donc que les utilisateurs impriment cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente norme constitue l'une des différentes parties de la série CEI 61970 qui définit des ensembles de données d'un modèle d'information commun (CIM) échangés entre des programmes d'application dans des systèmes de gestion d'énergie (EMS).

La série de documents CEI 61970-3xx spécifie le modèle d'information commun (CIM). Le CIM est un modèle abstrait représentant les objets d'une entreprise de distribution d'électricité habituellement nécessaires pour modéliser les opérations d'une entreprise.

La présente norme appartient à la série CEI 61970-4xx de normes d'interfaces de composants qui spécifient la structure sémantique des données échangées entre composants (ou applications) et/ou rendues accessibles au public au moyen d'un composant. La présente norme décrit la charge utile («payload») acheminée lorsque des applications communiquent par l'intermédiaire d'un système de messagerie. Cependant, la présente norme n'inclut pas la méthode d'échange et elle est donc applicable à une diversité de mises en œuvre d'échanges. La présente norme suppose et recommande le formatage en XML des données échangées, sur la base de l'environnement cadre de description de ressources (RDF) tel que spécifié dans la norme de modèle d'échange CIM XML 61970-552.

La CEI 61970-456 spécifie les profils (ou sous-ensembles) du CIM requis pour décrire une solution en régime établi d'un cas de système d'énergie électrique, par exemple celui qui est produit par des applications de calcul de répartition ou d'estimation d'état. Elle décrit la solution en référence à un modèle de réseau électrique conforme à la CEI 61970-452 dans cette série de normes associées. (Ainsi, les données de la solution ne répètent pas les informations du modèle de réseau électrique.) La CEI 61970-456 est constituée de plusieurs profils de composants qui décrivent la topologie déterminée d'après les positions des interrupteurs, l'entrée des mesures (dans le cas d'une estimation d'état) et la solution elle-même.

INTERFACE DE PROGRAMMATION D'APPLICATION POUR SYSTÈME DE GESTION D'ÉNERGIE (EMS-API) –

Partie 456: Profils d'état de réseaux électriques résolus

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61970 appartient à la série CEI 61970-450 à CEI 61970-499 qui, considérée dans son ensemble, définit à un niveau abstrait le contenu et les mécanismes d'échange utilisés pour les données transmises entre des centres de conduite et/ou des composants du centre de conduite.

Le but de la présente partie de la CEI 61970 est de définir de façon rigoureuse le sous-ensemble de classes, les attributs de classe et les rôles du CIM, nécessaires pour décrire le résultat de l'estimation d'état, du calcul de répartition et d'autres applications similaires produisant une solution en régime établi d'un réseau électrique dans un ensemble de cas d'utilisation inclus à titre informatif dans la présente norme.

La présente norme vise deux publics différents, les producteurs de données et les utilisateurs de données. Elle peut être lue de ces deux points de vue. Du point de vue du logiciel d'exportation de modèles utilisé par un producteur de données, la présente norme présente la façon dont un producteur peut décrire une instance d'un cas de réseau pour le rendre accessible à un autre programme. Du point de vue du client, la présente norme décrit ce que ce logiciel d'importation doit être capable d'interpréter afin de pouvoir absorber les cas de solution du client.

Il existe un grand nombre de cas d'utilisation pour lesquels l'utilisation de cette norme est attendue et ils diffèrent dans la manière dont la norme sera appliquée dans chaque cas. Il convient que les personnes chargées de la mise en œuvre envisagent les cas d'utilisation qu'ils souhaitent traiter afin de connaître l'étendue des différentes options qu'ils doivent traiter. Par exemple, la présente norme sera utilisée dans certains cas pour échanger des conditions initiales plutôt que des conditions résolues, de sorte que s'il s'agit d'un cas d'utilisation important, cela signifie qu'une application du client doit être capable de traiter un état non résolu ainsi qu'un état ayant satisfait à certains critères de solution.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

CEI 61970-452, *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API) – Partie 452: Profils du Modèle de Réseau de Transmission Statique CIM*¹

CEI 61970-453, *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API) – Partie 453: Profil de disposition du diagramme*

¹ A publier.

CEI 61970-552, *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API) – Partie 552: Format d'échange de modèle CIM XML²*

3 Informations de profil

Les profils définis dans le présent document sont basés sur la version CIM14v14 en UML (UML - langage de modélisation unifié, «unified modeling language»).

Les profils sont énumérés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Profils définis dans le présent document

Name (nom)	Version	URI	Date de révision
StateVariables (Variables d'état)	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/StateVariables/CIM14/1	2010-03-24
Topology (Topologie)	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/Topology/CIM14/1	2010-03-24

4 Vue d'ensemble

Le présent document décrit une norme d'interface dans laquelle des charges utiles (payloads) CIM/XML sont utilisées pour transférer les résultats créés au cours de processus types d'analyse de réseau en régime établi (par exemple une estimation d'état ou des solutions de calcul de répartition). Les principales exigences et les principaux objectifs régissant la conception de la présente norme sont les suivants:

- Les algorithmes et la sortie des solutions de calcul de répartition sont virtuellement les mêmes, qu'ils soient exécutés en exploitation ou dans des contextes de prévision. La sortie de l'estimateur d'état partage un noyau commun avec le calcul de répartition. Une norme unique est souhaitée afin de minimiser le développement de logiciels et autoriser des cas d'utilisation communs à plusieurs environnements.
- Bien que certains utilisateurs de la présente norme puissent être intéressés uniquement par l'état de sortie, la situation la plus courante est que les utilisateurs continuent à effectuer des analyses ultérieures (par exemple, de stabilité de tension) et ont besoin à la fois de l'entrée sur laquelle la solution était basée et du résultat de sortie.
- Les processus analytiques réels mettent souvent en jeu une série de solutions dans lesquelles la majeure partie des données d'entrée restent les mêmes d'une solution à la suivante et la norme doit prendre en charge ces processus de façon à ne pas répéter inutilement ces données.

Pour satisfaire à ces exigences, la présente norme dépend de la modularisation des données globales d'entrée et de sortie, potentiellement volumineuses, en sous-ensembles dont chacun est réalisé sous forme de charges utiles CIM/XML plus petites et séparées. Une instance de l'un de ces sous-ensembles est appelée ici 'dataset' (ensemble de données).

Deux types de partitionnement en datasets sont utilisés. Dans le premier type, les données sont modularisées en fonction du type de données produites (correspondant généralement au type d'application produisant les données). Les 'profils' (profils) de CIM (sous-ensembles du CIM global) définissent les classes et les attributs constituant chaque type de modularisation. Le deuxième type de partitionnement est par «ensemble d'autorité de modèle» (model authority set) (MAS), qui partitionne les données en ensembles d'instances d'objets en fonction de quelle entreprise d'électricité ou entité d'une interconnexion est responsable des

² A publier.

données. Ce partitionnement se produit au niveau instance et produit plusieurs datasets régis par le même profil se combinant pour former l'ensemble complet de données pour ce profil. La compréhension de l'approche du partitionnement est essentielle pour comprendre la façon d'utiliser la présente norme pour mettre en œuvre un scénario de gestion particulier.

La présente norme est souple et est conçue pour satisfaire à une large gamme de scénarios analytiques dans la planification et l'exploitation des environnements métier. On s'attend à ce que lorsque des parties l'utilisent pour collaborer dans un certain processus métier, ces parties souhaitent souvent élaborer des accords de gestion complémentaires qui décrivent toutes les restrictions et personnalisations de la norme qui sont estimées nécessaires pour leur processus. Dans la plupart des cas, ces accords complémentaires seront des accords locaux et ne seront pas des normes industrielles de la CEI.

Le formatage CIM/XML des charges utiles partitionnées est défini dans la CEI 61970-552. Cette méthode de formatage possède la caractéristique utile selon laquelle un XML valide décrivant un modèle complet peut être réalisé simplement par concaténation des XML pour chaque partition. Ainsi, la «fusion» (merge) et «l'extraction» (extract) d'éléments de la modélisation ne nécessitent pas d'instructions de «raccordement» (stitching) séparées et est un processus conceptuellement très simple. La CEI 61970-552 décrit également la façon dont des en-têtes de charges utiles fournissent des informations relatives à la façon dont les charges utiles s'accordent entre elles.

Comment lire ce document:

- L'Article 5, «Cas d'utilisation», donne des exemples de problèmes métier que la présente norme a pour but de traiter.
- L'Article 6, «Architecture», résume la façon dont fonctionne le partitionnement de modèle et décrit la façon dont les parties décrites dans le présent document agissent avec les parties décrites dans les autres normes de la série CEI 61970.
- L'Article 7, «Application de la norme aux problèmes métier», décrit la façon d'appliquer la présente norme à votre problème métier particulier.
- L'Article 9, «Profil de topology (topologie)», définit les types de datasets contrôlés par la présente norme. (Cette section est générée automatiquement par CIMTool et est l'endroit où vous trouvez le détail de la modélisation du CIM.)

5 Cas d'utilisation

5.1 Généralités

L'Article 5 présente certains des problèmes métier qui ont été envisagés dans la conception de la présente norme et explique la façon dont on s'attend à ce que la norme fournisse une valeur à l'industrie.

5.2 Estimation d'état de l'EMS

L'exploitation de l'EMS actionne généralement automatiquement un estimateur d'état, déclenché habituellement soit par l'occurrence de certains événements soit de manière périodique. Des périodes de 10 min ou plus sont utilisées comme norme, mais un grand nombre d'installations d'estimateur d'état fonctionnent actuellement avec des périodes beaucoup plus courtes, de l'ordre de 5 s, et avec presque la même périodicité que le SCADA (serveur de télésurveillance et acquisition de données, «supervisory control and data acquisition») et en conséquence le déclenchement de l'estimateur d'état basé sur des événements devient important.

Le travail de l'estimateur d'état est de créer la meilleure vision de l'état du système, en se fondant sur le point figé disponible le plus récent des mesures du SCADA. La solution résultante en régime établi du système d'énergie électrique est utilisée comme données d'entrée pour un certain nombre de fonctions importantes.

- Un EMS classique est habituellement configuré par le fournisseur d'EMS avec une analyse de contingences effectuée sur le résultat de l'estimateur d'état. Bien qu'une norme ne soit habituellement pas nécessaire pour des applications provenant du même fournisseur, il est intéressant pour l'industrie de pouvoir exécuter d'autres algorithmes pour une estimation d'état ou une analyse de contingences.
- Un nombre croissant d'autres fonctions analytiques qui ne faisaient pas partie de l'EMS à l'origine utilisent également le résultat de l'estimateur d'état comme point de départ pour une analyse en temps réel (par exemple, stabilité de tension).
- Lorsque des systèmes existent sur le marché, ils nécessitent normalement un échange en temps réel du résultat de l'estimation d'état de l'EMS au système du marché et ces systèmes sont souvent fournis par des fournisseurs différents.
- Les utilisateurs ont intérêt à pouvoir connecter une interface utilisateur perfectionnée et des modules de perception de situations provenant de différents fournisseurs dans un EMS et ces modules doivent acquérir des données de l'estimateur d'état.
- Il est souhaitable de pouvoir exécuter une analyse historique ainsi qu'une analyse en temps réel à partir des résultats de l'estimateur d'état. Cela nécessite d'archiver efficacement les résultats de l'estimateur et les utilisateurs doivent être capables d'importer les résultats dans des environnements d'outils de planification de réseau qui ne sont normalement pas fournis par le fournisseur d'EMS.

L'ensemble de ces situations nécessite une méthode normalisée efficace pour produire les résultats de l'estimateur d'état et les rendre accessibles à d'autres applications.

Si l'ensemble complet des données d'entrée et des données de sortie était mémorisé pour un grand modèle d'interconnexion s'exécutant par exemple pendant une période de 10 s, celui-ci produirait une grande quantité de données et constituerait un défi considérable pour tout échange en temps réel. Il existe toutefois certaines caractéristiques évidentes de ce problème qui peuvent être exploitées pour atténuer la charge de données.

- Le modèle de réseau est de loin la partie la plus importante des données. Il change peu fréquemment et lorsqu'il change, les changements constituent un petit ensemble de données. Seule l'initialisation du système nécessite réellement un grand modèle complet.
- La topologie du système change plus fréquemment (lorsque des dispositifs de commutation changent de position), mais cela est cependant relativement peu fréquent et les modifications sont encore faibles par rapport à la topologie complète.
- Une entrée de mesure analogique change complètement à chaque exécution mais dans un grand nombre des cas d'utilisation, ces données ne sont pas requises par le consommateur. On peut également habituellement effectuer une approximation des données analogiques à partir d'un historique analogique si elles ne sont pas enregistrées.
- Les variables d'état d'une solution changent à chaque exécution.

Pour que chaque type d'échange métier tire avantage de ces caractéristiques, il est requis de la norme que le modèle de réseau et la topologie puissent être mis à jour uniquement lorsqu'ils changent. Il est également intéressant que des mises à jour puissent être représentées sous forme incrémentale plutôt que par la retransmission d'un modèle complet. Les clients des données sont alors capables de s'initialiser eux-mêmes avec un modèle et une topologie de réseau complet au démarrage, mais ils ne reçoivent des mises à jour que si des changements ont eu lieu. Cela réduit le problème des volumes de données de plusieurs giga-octets par solution et téraoctets par jour à plusieurs méga-octets par solution et giga-octets par jour, ce qui est mieux gérable.

5.3 Processus de l'ENTSO-E³: Prédiction de congestion à J – 1 (day-ahead congestion forecast)

Un processus fonctionnel analytique quotidien appelé «day ahead congestion forecast» (DACF) (prédiction de congestion à J-1) est actuellement appliqué à l'ENTSO-E regional group continental Europe (Groupe régional européen de l'ENTSO-E). Dans ce processus,

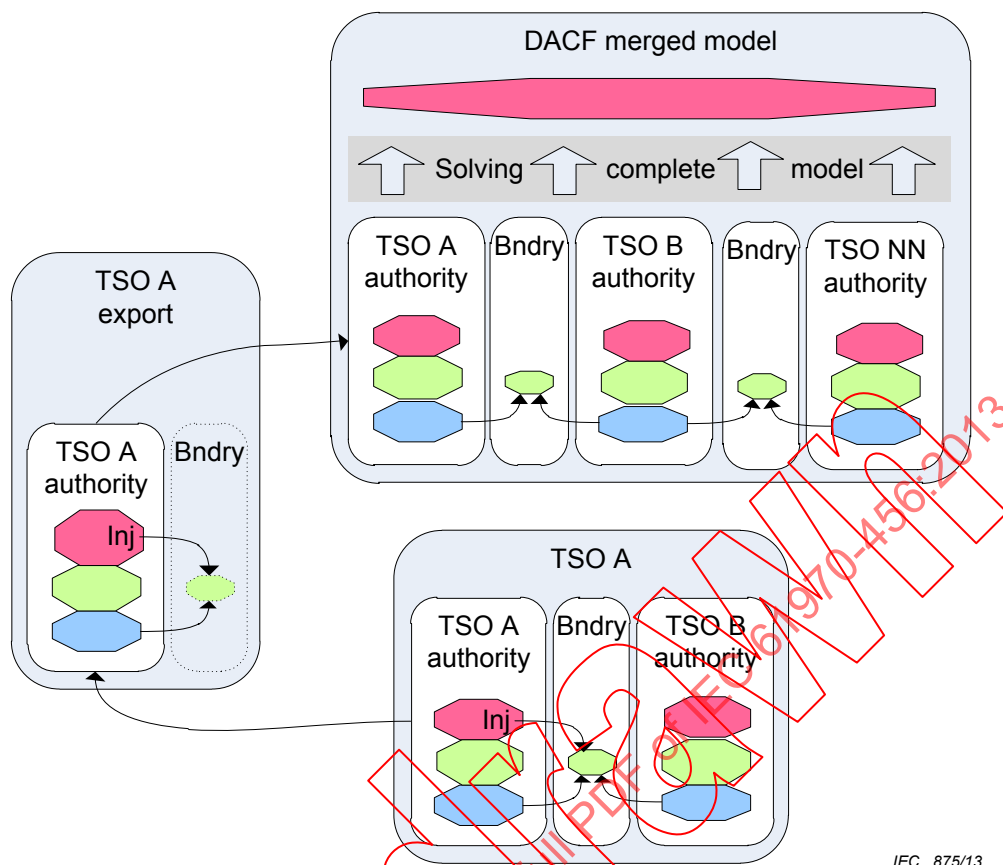
- chaque TSO (gestionnaire de réseau de transport, «transmission system operator») élabore un cas de calcul de répartition couvrant précisément son propre territoire, représentant chaque heure du lendemain (en se fondant sur les résultats du marché un jour à l'avance). Ces cas sont transférés à un serveur central;
- on peut contrôler la compatibilité mutuelle de l'ensemble complet des cas soumis (c'est-à-dire, si les conditions d'échange aux frontières correspondent);
- lorsque tous les cas sont soumis, chaque TSO télécharge depuis le serveur central les cas envoyés par leurs TSO voisins. Ceux-ci sont combinés avec leurs propres modèles afin de former un ensemble de modèles d'étude à partir desquels ils peuvent analyser la congestion dans leur région pour le lendemain;
- les cas de résultats de congestion peuvent être échangés entre les TSO si la situation le justifie.

Ce travail est exécuté principalement avec des outils de planification fonctionnant avec des modèles en topologie nodale (bien qu'une variante évidente possible du processus consiste à générer des cas avec des outils d'EMS).

Même si le processus de DACF n'est pas un processus en temps réel tel qu'une estimation d'état, il est relativement similaire en ce qu'une séquence de cas est produite, représentant des intervalles périodiques. Les valeurs des solutions changent pour chaque cas mais le modèle de réseau change rarement et la topologie change occasionnellement. La conservation de la taille du fichier est un problème et ce problème est traité si la norme permet d'échanger de manière incrémentale le modèle et la topologie du réseau.

Toutefois, le DACF impose un autre ensemble d'exigences. À la différence des scénarios des estimateurs d'état, qui présentent un transfert complet d'une solution, le DACF nécessite un grand nombre de fusions et d'extractions d'éléments de solution. Sur la Figure 1, le TSO-A réalise des calculs de répartition pour développer une image de son territoire le lendemain. Cela est réalisé avec des modèles incluant des représentations des TSO voisins. Ils ne doivent toutefois envoyer que la partie du modèle représentant leur propre territoire et celui-ci doit être un calcul de répartition résolu autonome. (Dans l'ENTSO-E, les frontières entre les TSO sont, par accord, toujours situées au milieu des lignes de jonction et les cas de TSO uniques sont formés avec des injections équivalentes au milieu de chaque ligne de jonction.) Au niveau du site central ou d'un quelconque TSO, on doit pouvoir recombinaison les cas internes soumis de manière fiable et automatique afin de former des modèles avec une couverture appropriée à toute tâche proche.

³ Réseau européen des gestionnaires de réseau de transport pour l'électricité («European network of transmission system operator-electricity»).



Légende

Anglais	Français
DACF merged model	Modèle fusionné DACF
Solving complete model	Résolution du modèle complet
TSO A export	Export TSO A
TSO A authority	Autorité TSO A
Inj	Injection
Bndry	Frontière
TSO A authority	Autorité TSO A
Bndry	Frontière
TSO B authority	Autorité TSO B
Bndry	Frontière
TSO N/N authority	Autorité TSO N/N
TSO A	TSO A
TSO A authority	Autorité TSO A
Bndry	Frontière
Inj	Injection
TSO B authority	Autorité TSO B

Figure 1 – Le TSO envoie un cas à fusionner avec le modèle global

Les octogones de la Figure 1 représentent des datasets. Les couleurs des ensembles ont les significations suivantes:

- magenta - données décrites par profil de variable d'état;
- vert - données décrites par le profil de topologie;
- bleu - données décrites par le profil du matériel.

Se référer également à la Figure 2.

5.4 Processus d'étude de planification de système

Il existe dans le monde un grand nombre d'interconnexions synchrones (par exemple ENTSO-E présenté ci-dessus) nécessitant une construction coopérative de modèles futurs par ses membres pour prendre en charge la planification de l'interconnexion. Généralement, des «cas de base» sont construits, représentant des cadres temporels futurs en combinant des soumissions de chaque membre de l'interconnexion, processus ressemblant beaucoup à celui décrit à la Figure 1 pour l'analyse fonctionnelle. Au lieu de faire une prévision journalière, un cas de planification peut représenter un horizon de plusieurs années à venir; au lieu d'une mise à jour quotidienne, un cas de planification doit être reconstruit à mesure que les plans varient; au lieu d'un système d'énergie électrique de fonctionnement connu, un cas de planification n'est pas encore réel. Cependant, en termes de processus et en termes d'exigences de données, l'assemblage de cas de base pour la planification est le même que sur la Figure 1 et l'objectif de la présente norme est de prendre en charge à la fois la construction des cas de base et l'échange de cas de solutions apparaissant nécessairement entre les membres pendant l'analyse, en se basant sur ces cas.

5.5 Harmonisation des modèles de planification et d'exploitation

Une analyse de réseau est effectuée de manière universelle avec une modélisation dite en topologie nodale où la plupart ou la totalité des dispositifs de commutation d'impédance nulle sont éliminés pour former des bus logiques et où les paramètres de charge, de production et de régulation ont été choisis pour un instant précis. Il existe toutefois des différences significatives dans la manière dont les modèles de réseau sont traités dans les contextes d'exploitation et de planification.

- Les planificateurs ont tendance à travailler en profondeur avec quelques «cas» de réseaux en topologie nodale sélectionnés. Ils déterminent par exemple les conditions représentant une charge de pointe en été pour un réseau futur et ils étudient ensuite les variations sur ce cas. Les outils de planification fournissent généralement une entrée directe des bus et des paramètres à un instant précis.
- Les environnements de fonctionnement (EMS) exigent l'aptitude à déterminer automatiquement des cas de réseaux en topologie nodale à un instant quelconque. Ils commencent généralement par un modèle de réseau avec le détail des commutations et avec des programmes pour les paramètres variant avec le temps - l'EMS dispose alors d'applications qui calculent la topologie du bus à partir de l'état des interrupteurs et qui calculent des paramètres spécifiques à partir des programmes qui varient avec le temps.

Notre but est ici de créer une norme prenant en charge efficacement les situations suivantes:

- a) modélisation de systèmes d'énergie électrique où la planification et l'exploitation gèrent indépendamment leurs modèles;
- b) modélisation consolidée où une source unique prend en charge à la fois la planification et l'exploitation;
- c) initialisation des cas de planification à partir de résultats d'opérations, indépendamment du fait que la modélisation est consolidée;
- d) initialisation de modèles d'exploitation à partir de modèles de planification;

- e) construction de modèles d'exploitation externes à partir de modèles de systèmes voisins;
- f) construction de modèles de planification d'interconnexion à partir de modèles des systèmes constituants.

La majeure partie des exigences déterminées d'après la liste ci-dessus repose davantage sur la modélisation statique du réseau électrique, qui est traitée dans la CEI 61970-452. Du point de vue de l'échange de solutions, il est simplement important de rester cohérent avec toutes ces exigences.

6 Architecture

6.1 Généralités

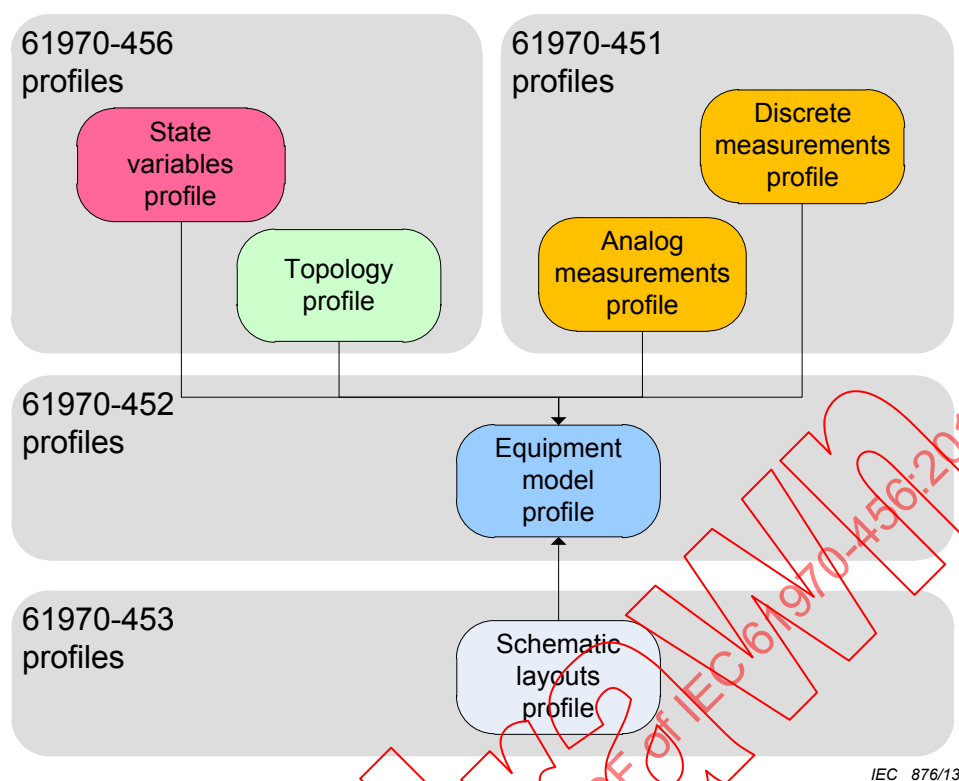
La caractéristique architecturale principale de la présente norme est la modularisation des données:

- modularisation par profils de modèles de données (CIM) (représente habituellement l'application qui produit les données);
- modularisation par regroupement de données d'instance en ensembles d'autorités de modèle («model authority set») (MAS) (représentant habituellement la responsabilité au niveau régional).

6.2 Architecture de profil

La Figure 2 représente les profils qui sont traités par les spécifications de la CEI 61970-450 jusqu'à la CEI 61970-499 et indique leurs relations. Les profils sont définis dans des spécifications CEI 61970-450 différentes, chaque spécification définissant un groupe de profils:

- profils de modèles de réseaux statiques définis dans la CEI 61970-452
 - profil «equipment» (d'équipement). Informations de modélisation statique décrivant les éléments physiques du système d'énergie électrique et leurs connexions électriques;
 - profil «schedules» (de programmation). Spécifications variables avec le temps pour les grandeurs du système d'énergie électrique;
 - profil «measurement specification» (de spécification de mesure) définissant les mesures du système d'énergie électrique.
- Profils d'échange de disposition d'affichage schématique définis dans la CEI 61970-453
 - profil d'échange de disposition schématique. Il décrit les éléments des affichages schématiques ou géographiques qui doivent généralement être amendés lorsque de nouveaux éléments sont ajoutés à un modèle de réseau.
- Profils de solutions en régime établi définis dans la CEI 61970-456 (le présent document)
 - profil «topology» (de topologie). Résultats du réseau en topologie nodale tel que produit par un processeur de topologie;
 - profil de variables d'état. Résultat d'un estimateur d'état ou d'un calcul de répartition ou conditions initiales des variables d'état;
 - profil de mesure discrète (état). Ensemble d'états des interrupteurs à des instants donnés;
 - profil de mesure analogique. Ensemble de mesures analogiques à des instants donnés.



Légende

Anglais	Français
61970-456 profiles	Profils 61970-456
State variables profile	Profil de variables d'état
Topology profile	Profil de topologie
61970-451 profiles	Profils 61970-451
Discrete measurements profile	Profil de mesures discrètes
Analog measurements profile	Profil de mesures analogiques
61970-452 profiles	Profils 61970-452
Equipment model profile	Profil de modèle d'équipement
61970-453 profiles	Profils 61970-453
Schematic layouts profile	Profil de disposition schématique

Figure 2 – Relations entre les profils

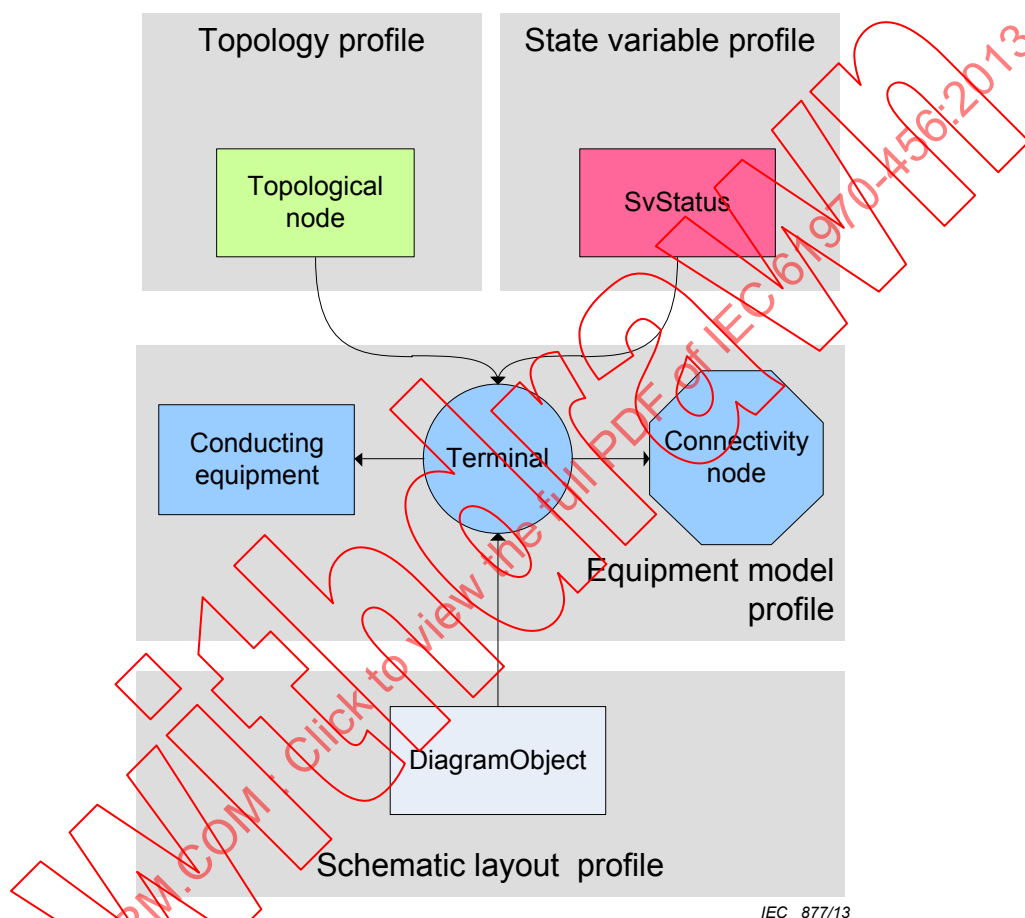
Ces modules satisfont aux besoins des processus métier d'analyse de réseau utilisés dans les réglages en exploitation (avec des modèles de disjoncteurs de nœuds), dans les réglages de planification (avec des modèles en topologie nodale) et pour des transferts entre exploitation et planification.

Sur la Figure 2, une flèche entre profils indique qu'il existe des relations définies entre des classes dans les deux profils. La direction indique que les classes dans le profil «de» dépendent des classes dans le profil «vers». Pour les données, cela signifie que les données de classe «de» se réfèrent à ou dépendent des données de classe «vers». Exemple: une instance d'un modèle d'équipement peut avoir un grand nombre d'instances de variables d'état se référant à ce modèle d'équipement.

Dans les systèmes d'IT (traitement de l'information), des datasets correspondant aux profils de la Figure 2 sont échangés entre fonctions et/ou applications. Certains exemples d'applications et leur échange de dataset sont décrits ci-dessous.

Le modèle équipement (d'équipement) possède une connexité de sous-station détaillée basée sur le ConnectivityNode et les classes terminal (bornes), se référer à la Figure 3. La classe terminal est centrale en ce qu'elle est utilisée par la topologie, les variables d'état et les profils d'implantation schématique ainsi que les ConnectivityNodes (nœuds de connexité) associés au ConductingEquipment (équipement conducteur). Ainsi, le terminal fait partie intégrante du modèle d'équipement.

Il est possible de créer un profil de connexité en factorisant le ConnectivityNode et la référence du Terminal.ConnectivityNode. Cela introduit alors une complexité et une duplication de données influant sur la création du profil de connexité.



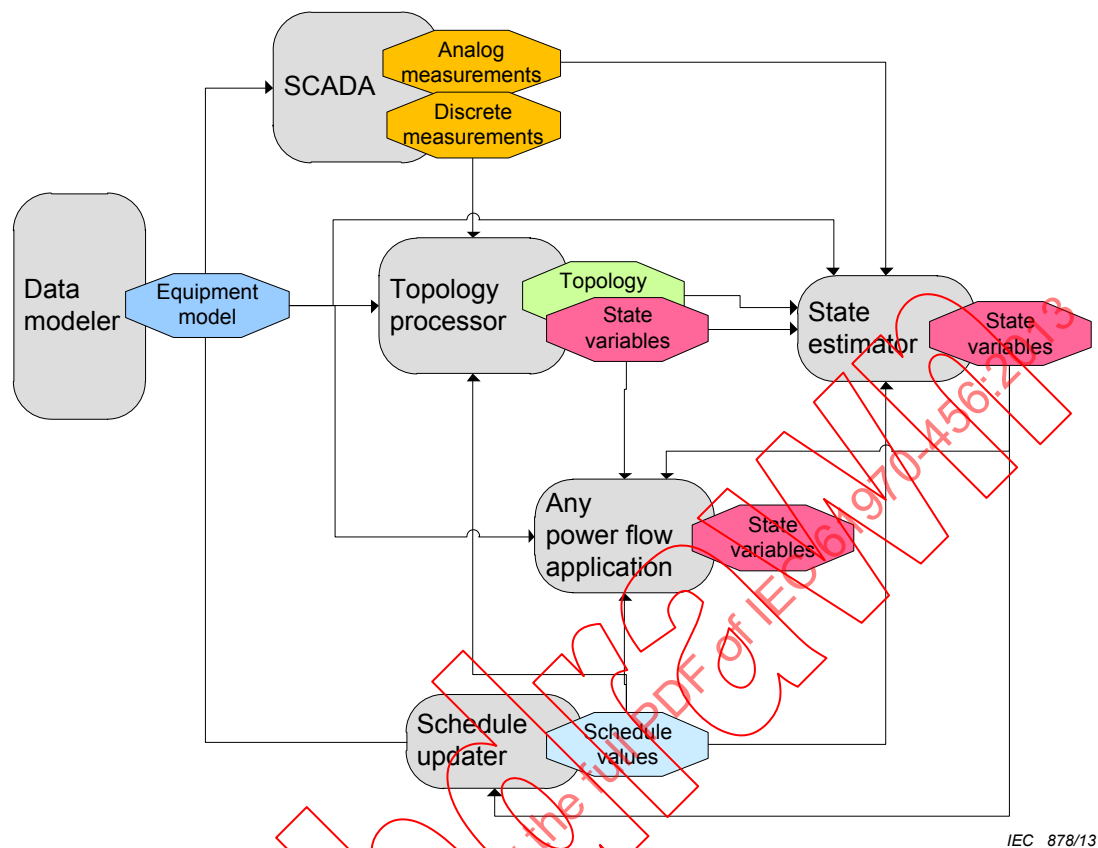
IEC 877/13

Légende

Anglais	Français
Topology profile	Profil de topologie
Topological node	Nœud topologique
State variable profile	Profil de variable d'état
SvStatus	SvStatus
Equipment model profile	Profil de modèle d'équipement
Conducting equipment	Équipement conducteur
Terminal	Terminal
Connectivity node	Nœud de connexité
Schematic layout profile	Profil d'implantation schématique
DiagramObject	DiagramObject

Figure 3 – Exemple d'instance du modèle de connexité de CIM

6.3 Profils et datasets pour analyse de réseau EMS



Légende

Anglais	Français
SCADA	SCADA
Analog measurements	Mesures analogiques
Discrete measurements	Mesures discrètes
Data modeler	“Modéliseur” (configurateur) de données
Equipment model	Modèle d'équipement
Topology processor	Processeur de topologie
Topology	Topologie
State variables	Variables d'état
State estimator	Estimateur d'état
State variables	Variables d'état
Any power flow application	Toute application de calcul de répartition
State variables	Variables d'état
Schedule updater	Dispositif de mise à jour de programme
Schedule values	Valeurs de programme

Figure 4 – Datasets EMS par profils de CIM

La Figure 4 montre de quelle façon les datasets régis par les différents profils de CIM sont produits dans un EMS. Les octogones dans l'EMS montrent les datasets qui sont décrits par les profils. Les octogones arrondis représentent des modules d'applications types. Les données circulent généralement des producteurs vers les consommateurs comme suit. L'application modéliseur produit le modèle «equipment» (équipement).

L'application SCADA utilise le modèle de mesure du profil «equipment» comme entrée et produit périodiquement de nouvelles «measurements» (mesures) «analog» (analogiques) et «discrete» (discrètes) (par exemple, d'état).

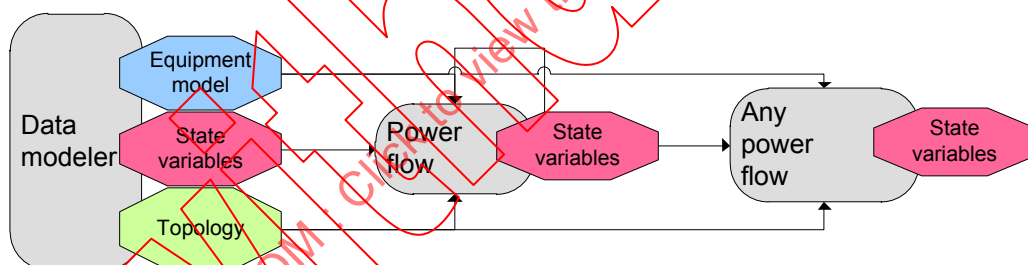
L'application de topologie utilise le modèle «equipment» du «modéliseur» (configurateur) et les «discrete measurements» (mesures discrètes) du SCADA pour déterminer les conditions initiales pour un algorithme d'estimation d'état qui produit des datasets de topologie et de variables d'état.

L'application d'estimation d'état utilise les «analog measurements» (mesures analogiques), le modèle «equipment», les datasets de «topology» (topologie) et de «state variable» (variables d'état) comme entrée et produit l'état résolu exprimé par un dataset de variables d'état. (Noter ici que le même profil, «state variable», régit un dataset utilisé pour l'entrée et un dataset différent contenant la solution.)

Toute application basée sur un calcul de répartition, par exemple une analyse de contingence, utilise un modèle «equipment», une «topology» et des variables d'état «state variable» résolu pour produire des solutions de contingence multiples exprimées également par des variables d'état (state variables).

L'application du programmeur de mise à jour («scheduler update») utilise le modèle de programmes d'«equipment» provenant du modéliseur de données avec des datasets de variables d'état provenant d'autres applications pour créer des valeurs de programme («schedule»). Les valeurs de programme peuvent être utilisées par une estimation d'état ou toute application de calcul de répartition comme autre source de données d'entrée.

6.4 Profils et datasets dans un calcul de répartition de planification



IEC 879/13

Légende

Anglais	Français
Data modeler	Modéliseur de données
Equipment model	Modèle d'équipement
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Power flow	Calcul de répartition
State variables	Variables d'état
Any power flow	Tout calcul de répartition
State variables	Variables d'état

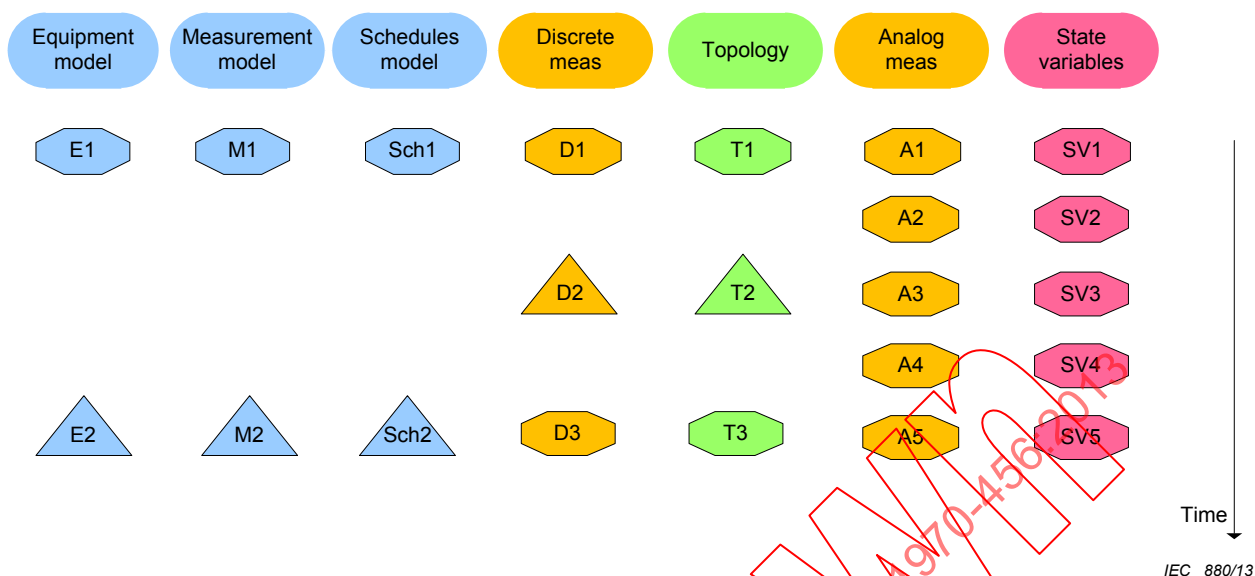
Figure 5 – Datasets de calcul de répartition de planification par profil de CIM

La Figure 5 montre ce même type de diagramme pour un environnement de calcul de répartition de planification. Dans ce cas:

- l'application de modélisation n'est utilisée que pour générer des cas à un instant précis, de sorte qu'il est inutile de créer comme entrée des «schedules» (programmes) et des «state variables» (variables d'état) initiales sont créées comme entrée;
- aucun estimateur d'état n'existe, de sorte que les mesures ne sont pas nécessaires;
- les utilisateurs entrent généralement directement les données comme résultat de «topology» (topologie).

Ces schémas illustrent la façon dont les datasets conformes aux profils CIM normalisés peuvent être produits dans certaines configurations courantes. La raison pour laquelle la présente norme est construite avec ces profils est que dans des séquences types d'opérations, un enregistrement complet d'entrée et de sortie peut être sauvegardé sans duplication inutile d'informations. On voit sur la Figure 6 à quoi cela ressemblerait dans le cas d'une exécution périodique d'une estimation d'état. Lors du premier passage, chaque type de dataset est entièrement enregistré mais lors des passages ultérieurs, seuls les ensembles de données qui changent doivent être produits et certains d'entre eux peuvent être produits sous forme incrémentale.

Pour utiliser ces informations, un consommateur doit être capable de réassembler un ensemble complet d'entrées pour atteindre ses objectifs particuliers. Un exemple très courant est une application d'analyse de réseau en topologie nodale nécessitant une solution d'estimateur d'état comme point de départ. Une telle application nécessite normalement l'instance résolue de «state variables» (des variables d'état), plus une instance de «topology» (topologie) représentant celle qui est utilisée pour l'estimation d'état, plus une instance d'«equipment» représentant celle qui est utilisée pour l'estimation d'état. En se référant à la Figure 6, si un tel client souhaite une «state variable» SV4, cela nécessite la «topology» T2 et l'«equipment» E1. Il est très probable que ce client passe d'un état au suivant. Lorsque V4 est produit, il est très probable qu'il ait déjà reçu et déterminé T2 et E1 lorsqu'il a traité SV3. Dans ce cas, la seule action qu'il doit effectuer est d'acquérir le nouveau V4 et de vérifier que les datasets de «topology» et d'«equipment» n'ont pas changé. La structure des datasets est conçue pour optimiser ce type de traitement.



Légende

Anglais	Français
Equipment model	Modèle d'équipement
Measurement model	Modèle de mesure
Schedules model	Modèle de programmes
Discrete meas	Mesures discrètes
Topology	Topologie
Analog meas	Mesures analogiques
State variables	Variables d'état
Time	Temps

Figure 6 – Séquence de cas d'estimation d'état

La Figure 6 représente deux types de datasets:

- des octogones qui sont un dataset complet;
- des triangles qui sont un dataset différentiel.

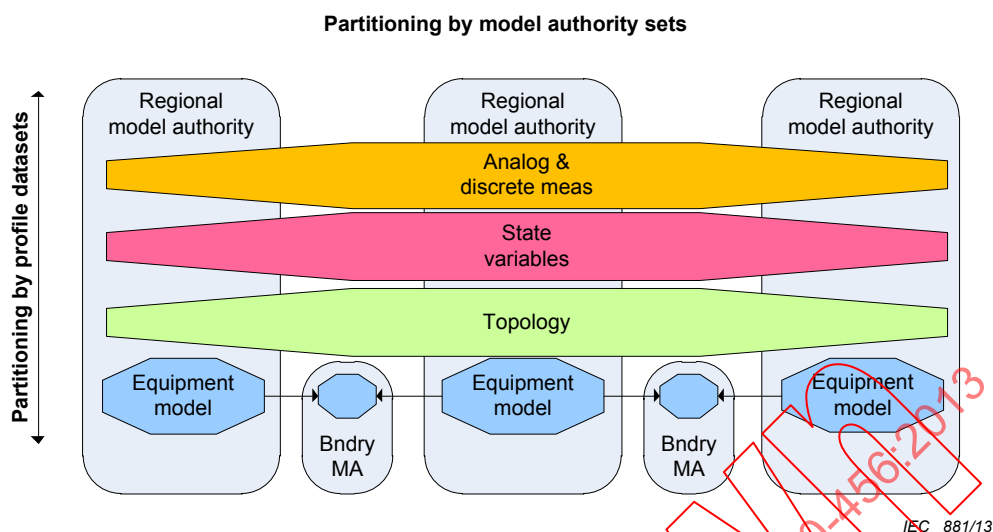
6.5 Ensembles d'autorités de modèle (model authority set) et modularisation des données au niveau instance

6.5.1 Généralités

La modularisation par profils produit une modularisation d'un modèle par instance d'objet, mais chaque dataset contient uniquement les types d'objets et de relations définis dans le profil auquel appartient le dataset. Lorsqu'on utilise le terme «modularisation au niveau instance», on parle d'un partitionnement complémentaire au sein d'un profil. Ceci est une technique de réutilisation efficace des données. Elle repose sur certains principes graphiques relativement simples qui sont résumés en 6.5.2.

6.5.2 Modularisation d'instance d'EMS

La Figure 7 illustre le partitionnement des modèles dans un EMS. Les formes octogonales représentent des datasets. Ceux qui se trouvent à des points verticaux différents sont conformes à des profils différents et ceux qui se trouvent à des points horizontaux différents sont des modularisations d'instances différentes.

**Légende**

Anglais	Français
Partitioning by model authority sets	Partitionnement par ensembles d'autorité de modèle
Partitioning by profile datasets	Partitionnement par datasets de profil
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
Analog & discrete meas	Mesures analogiques et discrètes
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèle
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèle
Equipment model	Modèle d'équipement

Figure 7 – Modularisation d'instance appliquée dans un EMS

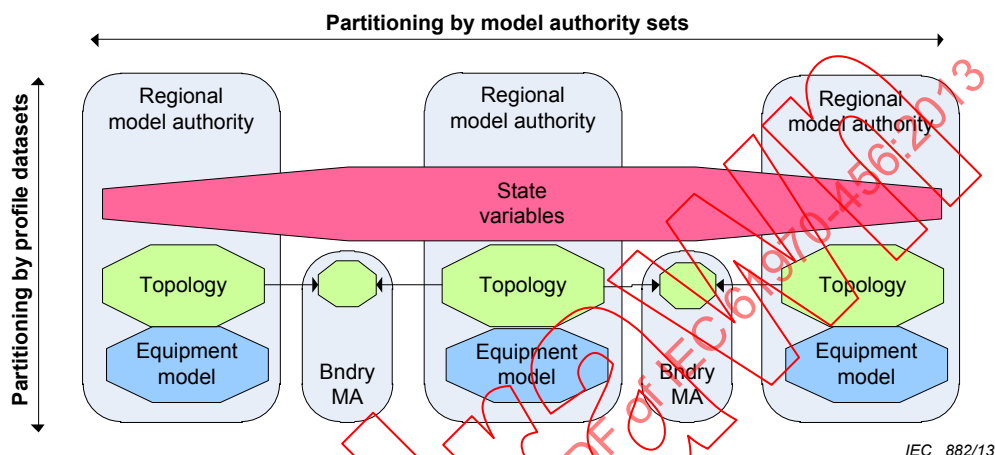
En partant du bas et en remontant dans ce schéma, les éléments sont les suivants:

- Données de modèle statique d'un «modéliseur»
 - dataset de modèle d'équipement. Comme représenté à la Figure 7, certaines des données de modèles apparaissent à la frontière;
 - dataset de modèle «measurement» (non représenté sur le diagramme);
 - dataset de modèle «schedules» (programmes) (non représenté sur le schéma).
- Données calculées
 - datasets de «analog» et «discrete measurement» (mesures analogiques et discrètes). Ces datasets contiennent des mesures réelles;
 - datasets de topologie. Dans un EMS, il s'agit de la sortie calculée d'une application de traitement de topologie;
 - dataset de «state variables» (variables d'état). Dans un EMS, il s'agit soit de l'entrée calculée d'un estimateur d'état soit du calcul de répartition (pour initialiser les variables d'état), soit de la sortie d'une solution de réseau.

Le partitionnement entre les ensembles d'autorité de modèle est représenté de gauche à droite. Les objets situés à la frontière sont partagés à la fois par le modèle de matériel et les données de topologie.

6.5.3 Modularisation d'instance de planification

La Figure 8 illustre le partitionnement des modèles dans les applications de planification de réseau.



Légende

Anglais	Français
Partitioning by model authority sets	Partitionnement par ensembles d'autorité de modèle
Partitioning by profile datasets	Partitionnement par datasets de profil
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèle
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèle
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement

Figure 8 – Modularisation d'instance appliquée à la planification de modèles de flux de calcul de répartition

En partant du bas et en remontant dans ce diagramme, les éléments principaux sont les suivants:

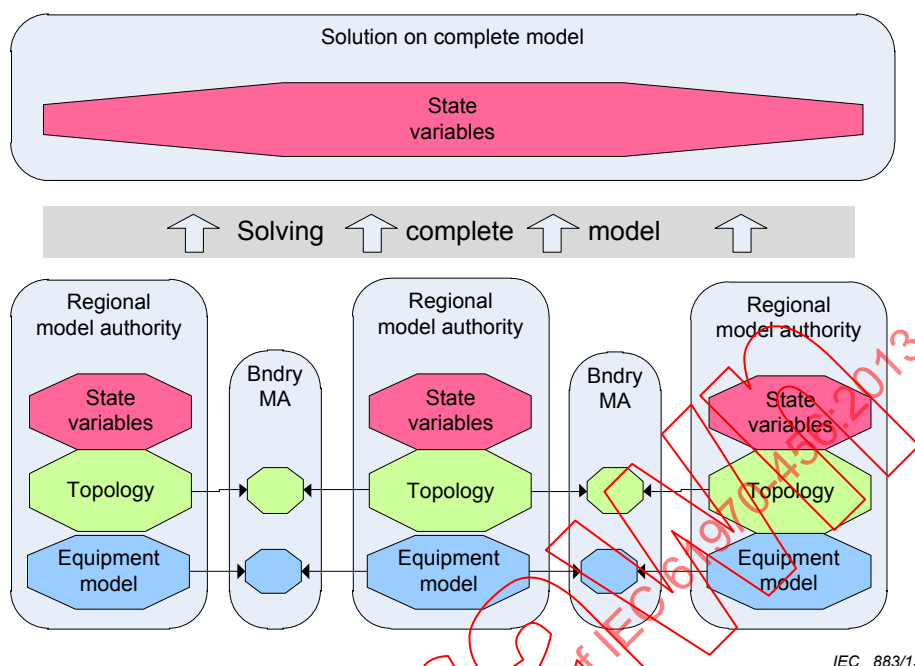
- Données de modèle statique définissant le cas de base
 - dataset de modèle d'équipement. Comme représenté à la Figure 8, certaines des données de modèles apparaissent à la frontière;
 - dataset de modèle «schedules» (programmes) (non représenté sur le schéma);
 - datasets de topologie.
- Echange de cas résolus
 - Dataset de variables d'état.

6.6 Principes de la modularisation d'instance

Chaque dataset comporte:

- une identité de dataset. Cela différencie généralement son but. Ainsi, «region A as-built model» est différent de «region A equivalent» même s'ils occupaient exactement la même position dans un modèle plus grand;
- une version de dataset;
- une référence de profil définissant l'objet et les types de relations autorisées dans le dataset;
- une référence facultative de détermination d'autorité de modèle définissant l'association avec un partitionnement régional. Il peut y avoir des partitions de région A d'«equipment» (équipement) et de «connectivity» (connectivité), par exemple.

Tandis que les profils de CIM sont normalisés lorsqu'ils sont échangés et que les fournisseurs doivent prendre charge des datasets conformes aux profils normalisés, l'utilisation d'une modularisation d'instance est une question de commodité pour le processus métier. Bien que les applications de fournisseurs doivent prendre en charge les ensembles d'autorités de modèle, la manière dont ils sont appliqués est déterminée par l'utilisateur et n'est pas contrainte à l'exception du fait que les ensembles d'autorité de modèle qui seront fusionnés pour former des modèles doivent être disjoints, c'est-à-dire ne se recouvrant pas. La Figure 9 illustre le processus de fusion de modèles lorsque des modèles gérés par différents ensembles d'autorités de modèle sont fusionnés dans un modèle global. Le processus de fusion comporte des datasets pour des profils multiples.



IEC 883/13

Légende

Anglais	Français
Solution on complete model	Solution sur modèle complet
State variables	Variables d'état
Solving complete model	Résolution modèle complet
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèle
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement
Bndry MA	Frontière entre autorités de modèles
Regional model authority	Autorité de modèle régionale
State variables	Variables d'état
Topology	Topologie
Equipment model	Modèle d'équipement

Figure 9 – Processus de fusion de modèles

Une façon utile de décrire ce qui se produit avec une modularisation globale consiste à représenter graphiquement un ensemble complet de données (comme cela est réalisé dans le RDF («resource description framework»)) où les nœuds du graphique sont des instances d'objets et où les arcs du graphique sont des relations entre des instances d'objets. Une modularisation de ce modèle complet est définie comme tout partitionnement de nœuds en sous-ensembles de nœuds ne se recouvrant pas (c'est-à-dire, des ensembles disjoints). Chaque sous-ensemble peut être décrit comme un sous-graphe. (Aucune exigence n'existe pour connecter un tel sous-graphe, c'est-à-dire que ses nœuds sont connectés de manière interne au sous-graphe.)

Il existe manifestement un grand nombre de modularisations possibles d'un quelconque grand modèle. Les systèmes d'énergie électrique ont toutefois des objectifs spécifiques:

- modularisation en fonction de l'application du producteur;
- modularisation en fonction de la responsabilité des données. Cela facilite l'échange de modèles régionaux et l'assemblage de modèles complets à partir des parties contributives, d'où le terme «ensemble d'autorités de modèle»;
- modularisation en fonction des blocs de construction fonctionnels. Cela optimise les processus métier lorsqu'un sous-graphe est réutilisé dans un grand nombre de situations, par exemple avec la modélisation de l'équipement du système d'énergie électrique.

Une relation entre deux sous-graphes signifie que les applications ou les utilisateurs qui gèrent les datasets (c'est-à-dire, ajoutent, suppriment ou modifient des objets) doivent être informés du potentiel d'invalidation de la relation. La raison pour laquelle ces relations sont importantes est qu'un grand nombre de problèmes métier peuvent être résolus en réutilisant des sous-graphes dans des situations différentes et les connexions externes des sous-graphes doivent se raccorder pour en permettre le fonctionnement.

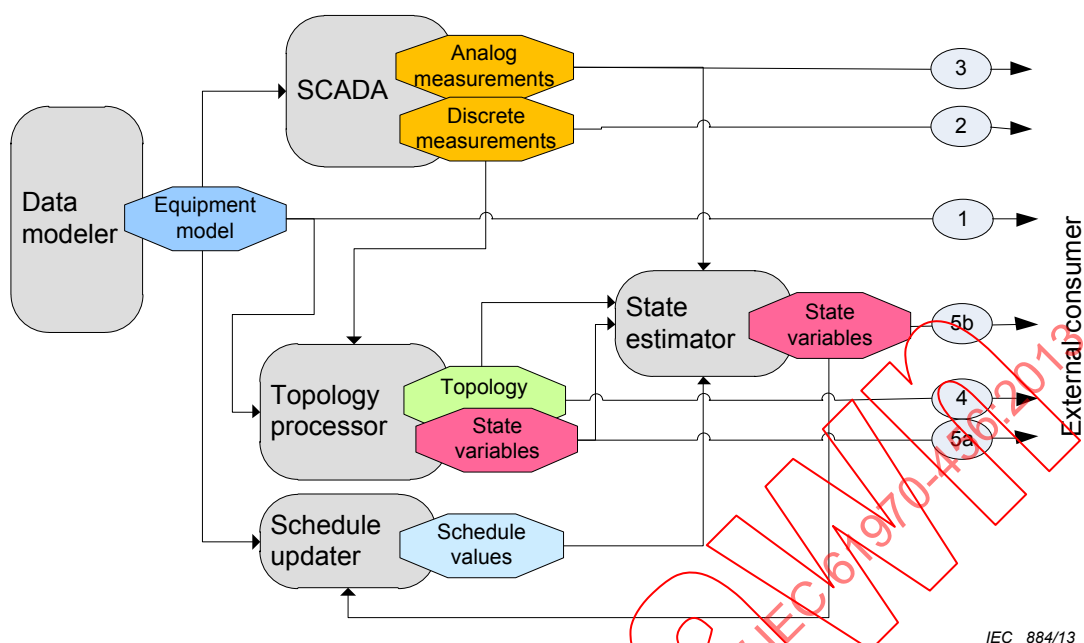
Les relations dans l'UML du CIM sont (actuellement) non directionnelles et les datasets (c'est-à-dire les sous-graphes) en CIM/XML sont généralement rendus directionnels dans les spécifications de profils. La spécification de la relation depuis une extrémité est utilisée si la référence au dataset est créée à une étape dans un processus, et le dataset de référence est ensuite créé ultérieurement, par exemple

- des datasets de modèles equipment sont créés dans un outil de modélisation de système d'énergie électrique et rendus accessibles aux applications. Il convient que le modélisateur n'ait pas à connaître l'utilisation de ce dataset equipment. À mesure que la topologie et diverses solutions s'exécutent, des datasets de résultats sont créés. Ces datasets concernent logiquement le modèle Equipment;
- les datasets à la frontière font l'objet d'un accord entre deux parties ou plus. Lorsqu'ils sont définis et qu'ils existent, les datasets à la frontière peuvent être importés dans des outils modélisateurs de données ou leurs objets peuvent être référencés lors de la construction des datasets d'ensemble d'autorités de modèle régionaux. Les datasets à la frontière agissent comme des couches d'isolation qui maintiennent les datasets des ensembles d'autorité de modèle mutuellement non informés de leurs données internes. Il est donc important que les datasets à la frontière soient créés le plus tôt possible;
- Dans les systèmes d'énergie électrique, par exemple, l'ensemble à la frontière contient des nœuds soit au milieu soit à une extrémité de chaque ligne de raccordement. Puisque les raccordements changent rarement et sont très bien connus, il est généralement facile de ce point de départ de construire des ensembles régionaux correspondant au territoire d'un propriétaire de transport.

7 Application de la norme aux problèmes métier

7.1 Intégration d'analyse de réseau d'EMS avec des clients externes

Une architecture de transfert de données d'un SCADA/EMS vers un client externe est représentée à la Figure 10.



IEC 884/13

Légende

Anglais	Français
Data modeler	Modéliseur de données
Equipment model	Modèle d'équipement
SCADA	SCADA
Analog measurements	Mesures analogiques
Discrete measurements	Mesures discrètes
Topology processor	Processeur de topologie
Topology	Topologie
State variables	Variables d'état
State estimator	Estimateur d'état
State variables	Variables d'état
Schedule updater	Dispositif de mise à jour de programme
Schedule values	Valeurs de programme
External consumer	Client extérieur

Figure 10 – Datasets d'EMS vers un client externe

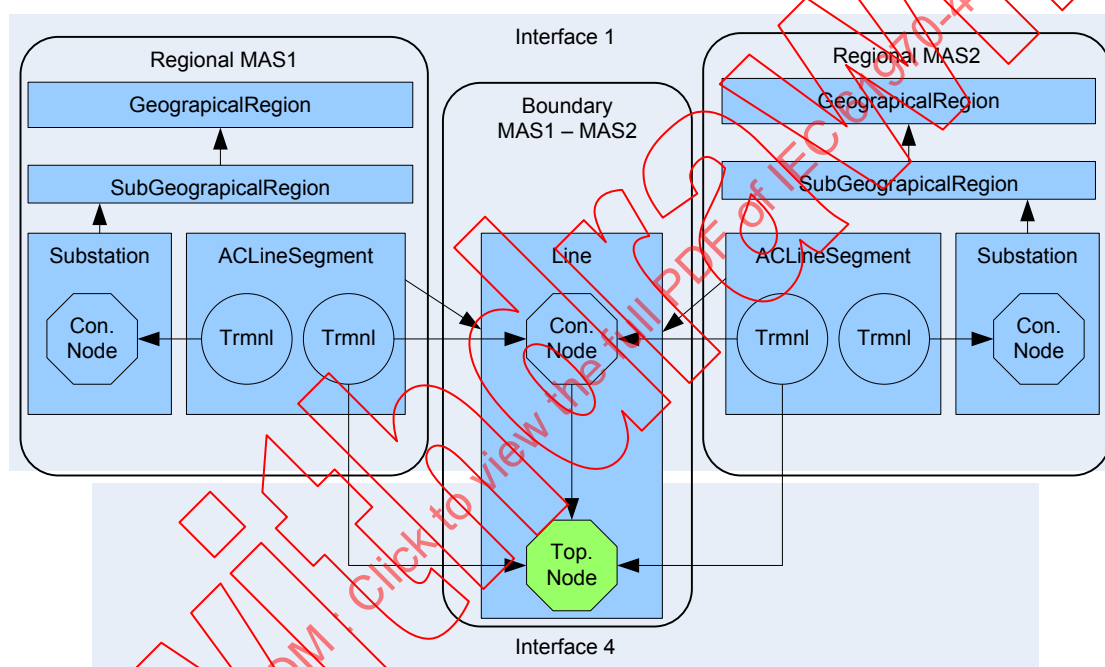
Les interfaces suivantes sont représentées à la Figure 10:

- données de modèle de réseau comme décrit dans la CEI 61970-452;
- dataset de mesures discrètes de réseau;
- dataset de mesures analogiques de réseau;
- dataset de résultats de processeur de topologie;
- variables d'état a) valeurs d'entrée et b) résultats d'estimateur d'état.

Des clients différents peuvent être intéressés par des combinaisons différentes de ces interfaces.

- Les interfaces 1, 4, 5b prennent en charge une analyse de contingences externe.
 - Ajouter l'interface 2 si les contingences sont définies en termes de données de commutation.
- Les interfaces 1, 4, 5b prennent en charge une analyse de stabilité de tension.
- Les interfaces 1, 3, 4, 5a prennent en charge un estimateur d'état externe.
- Les interfaces 1, 4, 5 (a ou b) prennent en charge des calculs externes de répartition de type planification (qui fonctionnent généralement dans des modèles en topologie nodale à un instant précis).
 - Ajouter l'interface 2 si le traitement de topologie est pris en charge pour activer l'entrée de données de commutation.
 - Ajouter l'interface 3 si des mesures sont souhaitées pour l'estimation de l'état d'étude.

La Figure 11 montre la façon dont les datasets relient ensemble deux régions MAS1 et MAS2.



IEC 885/13

Légende

Anglais	Français
Interface 1	Interface 1
Regional MAS1	Ensemble d'autorité de modèle régional MAS1
GeographicalRegion	Région géographique
SubGeographicalRegion	Sous region géographique
Substation	Poste
Con. Node	Nœud de connexité (ConnectivityNode)
ACLineSegment	ACLineSegment
Trmnl	Terminal
Trmnl	Terminal
Boundary MAS1-MAS2	Frontière MAS1-MAS2
Line	Ligne
Con. Node	Nœud de connexité
Top. Node	Nœud topologique (TopologicalNode)