IEC 62881

Edition 1.0 2018-10

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

colour inside

## Cause and effect matrix

## Matrice des causes et effets

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40

ISBN 978-2-8322-6078-4

**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.**

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

FOREWORD ..... 3
INTRODUCTION ..... 5
1 Scope ..... 6
2 Normative references ..... 6
3 Terms, definitions and abbreviated terms ..... 6
3.1 Terms and definitions ..... 6
3.2 Abbreviated terms ..... 7
4 Conformity ..... 8
5 Design of C&E matrices ..... 8
5.1 Layout principles ..... 8
5.2 Attributes of causes ..... 8
5.3 Attributes of effects ..... 9
5.4 Attributes of relations ..... 9
5.5 Marking of changes and modifications ..... 9
6 Use of C&E matrices ..... 10
6.1 Uniform, interdisciplinary access to functional description ..... 10
6.2 Application for linear logic ..... 10
6.3 Application for non-linear logic ..... 10
6.4 Project workflow ..... 11
7 Examples ..... 12
7.1 C&E matrix with minimum requirement for cause and effect, and alternative 1 for relations ..... 12
7.2 C&E matrix with minimum requirement for cause and effect, and alternative 2 for relations ..... 13
7.3 C&E matrix with optional attributes for cause and effect, and alternative 2 for relations ..... 14
Bibliography ..... 15

Figure 1 – C&E matrix ..... 8
Figure 2 – Project workflow ..... 11
Figure 3 – C&E matrix with minimum requirement for cause and effect, and alternative 1 for relations ..... 12
Figure 4 – C&E matrix with minimum requirement for cause and effect, and alternative 2 for relations ..... 13
Figure 5 – C&E matrix with optional attributes for cause and effect, and alternative 2 for relations ..... 14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

# CAUSE AND EFFECT MATRIX

## 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 62881 has been prepared by IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

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

| FDIS | Report on voting |
|---|---|
| 65/701/FDIS | 65/711/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.**

# INTRODUCTION

Efficient engineering and reliable operation of automated plants strongly depend on clear and unambiguous description of regulatory controls and logic interlocks. For regulatory controls this description can typically be done for example via process flow diagrams and P&IDs (ISO 10628), which are accepted by process and I&C staff in engineering and operation of manufacturing and process plants. Regarding logic interlocks the widely distributed logic or functional diagrams are very often regarded by process engineers and plant operators as too complex (especially when using the fail-safe principle) and overloaded with detailed information.

This document describes a simple and widely accepted method to document logic interlocks in process and manufacturing industries – the "cause and effect matrix" (C&E matrix). C&E matrices can be applied with minimal previous knowledge and easy handling to describe the functions required for controlling a process independently from the automation platform used. They enable a sound understanding of the required relation from a process point of view without the need of detailed knowledge of the platform specific corresponding PLC/DCS program logic.

During the entire life cycle of a plant (e.g. engineering, commissioning, start-up and operation) C&E matrices are very useful to illustrate the functionalities of package units and their interfaces to related sections of the plant. In particular they support the fulfilment of legal or insurance requirements (e.g. governmental regulations, fire and gas regulations, machinery directives such as IEC 62061). It is possible to find C&E matrices included in other types of documents, for example fire protection datasheets but still the principle of identification of the cause and the effects and their logical relations defined in an intersection applies.

In addition, they can be used to illustrate the consequences of embedded diagnostic functions (e.g. activation of a trip function in case of detection of a broken wire), the functionality of installed back-up systems (e.g. fail to start a pump and switch over to a second one) or the required operator actions to reset plant sections or safety related functions after partial shut downs.

The information presented by C&E matrices might be structured according to the individual needs, for example information necessary for process interlocks in electrical switch gears.

C&E matrices describe the relationship between causing conditions – the causes – and the required outcome or actions – the effects. The causes are herein represented by signals created by sensors or other means of information; effects are actions automatically done by actuators (mainly valves and motors) or manually by shift operators, or alarms and messages provided to operators. Both are linked via a matrix containing the relations. These basic relations are hence documented in an appropriate and structured form enabling a reliable information exchange at the interface between process design, electrical engineering, I&C engineering, etc. In the further course of detail engineering C&E matrices are used as a starting point for the development of more detailed and platform specific (e.g. fail-safe PLC) logic enhancements.

During plant operation the C&E matrices can serve as functional descriptions, for example for the training of plant operation staff.

However, C&E matrices typically are not designed to specify functional sequences (e.g. batch mode of operation) or functional details as might be provided by other methods, for example logic descriptions complying with IEC 61131-3.

# CAUSE AND EFFECT MATRIX

## 1 Scope

This document addresses the setting and implementation of C&E matrices for a consistent use in engineering activities. It aims to describe a simple format used to support a consistent exchange of information between different engineering disciplines involved in project or maintenance activities. The document defines the minimum requirements of the C&E matrix content, which is derived from existing design documents, for example P&ID or verbal descriptions.

The transfer of the relations defined in C&E matrices into a functional or source code for the application programming of PLC/DCS is out of the scope of this document. In addition, this document does not cover the implementation of complex and/or sequential logics at a dedicated automation platform, which will require additional stipulations to be done/ followed.

It is understood, that C&E matrices in fact can be used to document the fault reactions of the plant equipment and therefore can be used as reference point for the necessary safety verifications to be applied.

C&E matrices as defined in this document do not have the same scope as Fishbone or Ishikawa diagrams, which are often named in the literature as cause and effect diagrams.

## 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 62708, *Document kinds for electrical and instrumentation projects in the process industry*

IEC 81346-1, *Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*

ISO 7200, *Technical product documentation – Data fields in title blocks and document headers*

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 17
INTRODUCTION ..... 19
1 Domaine d'application ..... 21
2 Références normatives ..... 21
3 Termes, définitions et termes abrégés ..... 21
3.1 Termes et définitions ..... 21
3.2 Termes abrégés ..... 23
4 Conformité ..... 23
5 Conception des matrices C&E ..... 23
5.1 Principes de présentation ..... 23
5.2 Attributs des causes ..... 24
5.3 Attributs des effets ..... 24
5.4 Attributs des relations ..... 25
5.5 Marquage des variations et modifications ..... 25
6 Utilisation des matrices C&E ..... 25
6.1 Accès interdisciplinaire uniforme à une description fonctionnelle ..... 25
6.2 Application pour la logique linéaire ..... 26
6.3 Application pour la logique non linéaire ..... 26
6.4 Déroulement de projet ..... 27
7 Exemples ..... 28
7.1 Matrice C&E avec exigence minimale applicable à la cause et à l'effet, et variante 1 pour les relations ..... 28
7.2 Matrice C&E avec exigence minimale applicable à la cause et à l'effet, et variante 2 pour les relations ..... 29
7.3 Matrice C&E avec attributs facultatifs applicables à la cause et à l'effet, et variante 2 pour les relations ..... 30
Bibliographie ..... 31

Figure 1 – Matrice C&E ..... 23
Figure 2 – Déroulement de projet ..... 27
Figure 3 – Matrice C&E avec exigence minimale applicable à la cause et à l'effet, et variante 1 pour les relations ..... 28
Figure 4 – Matrice C&E avec exigence minimale applicable à la cause et à l'effet, et variante 2 pour les relations ..... 29
Figure 5 – Matrice C&E avec attributs facultatifs applicables à la cause et à l'effet, et variante 2 pour les relations ..... 30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# MATRICE DES CAUSES ET EFFETS

## AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62881 a été établie par le comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|---|---|
| 65/701/FDIS | 65/711/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/IEC, Partie 2.

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 l'IEC sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

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

# INTRODUCTION

Des descriptions claires et non ambiguës des organes de commande régulateurs et des verrouillages logiques conditionnent fortement l'application d'une ingénierie efficace et le fonctionnement fiable des installations automatisées. Des schémas, tels que des schémas des procédés et des plans de tuyauterie et d'instrumentation (ISO 10628) acceptés par le personnel chargé de ces activités dans le cadre d'applications d'ingénierie et du fonctionnement d'installations de fabrication et de transformation, permettent généralement de décrire les organes de commande régulateurs. Les ingénieurs de procédé et les exploitants d'installations considèrent très souvent les schémas logiques ou fonctionnels largement répandus et associés aux verrouillages logiques comme excessivement complexes (notamment lorsqu'ils appliquent le principe de sécurité intégrée) et comportant un trop grand nombre d'informations détaillées.

Le présent document spécifie une méthode simple et largement acceptée de documentation des verrouillages logiques dans les industries de transformation et de fabrication – à savoir la «matrice des causes et effets» (matrice C&E). Les matrices C&E peuvent être appliquées sur la base de connaissances préalables minimales et selon une pratique simple permettant de décrire les fonctions exigées pour la commande d'un processus indépendamment de la plate-forme d'automatisation utilisée. Ces matrices permettent de bien comprendre la relation exigée du point de vue du processus, sans la nécessité d'une connaissance détaillée de la logique des programmes AP/DCS (automates programmables/systèmes de commande distribués) correspondants spécifiques à la plate-forme.

Les matrices C&E se révèlent très utiles tout au long du cycle de vie d'une installation (par exemple, ingénierie, mise en service, démarrage et exploitation) pour représenter les fonctionnalités des unités de paquetage et de leurs interfaces avec les sections associées de l'installation. Les matrices C&E permettent notamment de satisfaire aux exigences légales ou aux exigences en matière d'assurance (par exemple, réglementations gouvernementales, règlements en matière d'incendie et de gaz ou directives sur les machines telles que l'IEC 62061). Il est possible de trouver des matrices C&E incluses dans d’autres types de documents, par exemple, dans des fiches techniques de protection contre les incendies, mais le principe d’identification des causes et effets et leurs relations logiques définies dans une intersection toujours s’applique toujours.

Ces matrices peuvent en outre représenter les effets des fonctions de diagnostic intégrées (par exemple, activation d'une fonction de déclenchement en cas de détection d'un fil rompu), de la fonctionnalité de systèmes de secours installés (par exemple, défaut de démarrage d'une pompe et recours à une autre pompe) ou des interventions exigées de l'exploitant pour réinitialiser les sections de l'installation ou des fonctions relatives à la sécurité après des arrêts partiels.

Les informations présentées par les matrices C&E peuvent être structurées en fonction des besoins individuels, par exemple, les informations nécessaires pour les verrouillages de processus dans les appareillages de connexion électriques.

Les matrices C&E décrivent la relation entre les conditions de causalité – les causes – et les résultats ou les actions exigé(e)s – les effets. Dans le cas présent, les signaux générés par des capteurs ou d'autres moyens d'information représentent les causes. Les effets constituent les actions automatiques des organes de commande (soupapes et moteurs principalement) ou les actions manuelles des opérateurs postés, voire les actions engendrées par les alarmes et les messages à disposition des opérateurs. Une matrice relationnelle permet de relier les causes et les effets. Une forme structurée appropriée permet ainsi de documenter ces relations fondamentales et d'échanger des informations en toute fiabilité au niveau de l'interface entre la conception du procédé, l'électrotechnique, l'ingénierie I&C, etc. Puis, au cours de l’étude détaillée, les matrices C&E servent d'éléments initiateurs du développement d'améliorations logiques plus détaillées et spécifiques à une plate-forme (par exemple automate programmable (AP) à sécurité intégrée).

Pendant l'exploitation d'une installation, les matrices C&E peuvent décrire des fonctions, par exemple, pour la formation du personnel concerné.

Toutefois, ces matrices C&E ne sont généralement pas conçues pour définir des séquences fonctionnelles (par exemple, mode de fonctionnement discontinu) ou des détails fonctionnels, comme peuvent le définir d’autres méthodes, par exemple les descriptions logiques conformes à l'IEC 61131-3.

# MATRICE DES CAUSES ET EFFETS

## 1 Domaine d’application

Le présent document traite de la définition et de la mise en œuvre des matrices C&E pour une utilisation cohérente dans le cadre des activités d'ingénierie. Son objectif est de spécifier un format simple de prise en charge d'un échange cohérent d'informations entre les différentes disciplines techniques intervenant dans les activités liées au projet ou de maintenance. Le document définit les exigences minimales concernant le contenu des matrices C&E issu des documents de conception existants, par exemple des plans de tuyauterie et d'instrumentation ou des descriptions verbales.

La transformation des relations définies dans les matrices C&E en un code fonctionnel ou source pour la programmation d'application des AP/DCS ne relève pas du domaine d'application du présent document. De plus, le présent document ne traite pas de la mise en œuvre de logiques complexes et/ou séquentielles sur une plate-forme d'automatisation dédiée, qui exige la définition/le respect de spécifications supplémentaires.

Il est entendu que les matrices C&E peuvent en fait servir à documenter les réactions aux anomalies des équipements d'une installation et par conséquent être également utilisées comme point de référence pour les vérifications de sécurité nécessaires à effectuer.

Les matrices C&E telles que définies dans le présent document ne relèvent pas du même domaine d’application que les diagrammes en arête de poisson ou diagrammes d’Ishikawa, également appelés diagrammes de causes-effets dans les ouvrages de référence.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l’application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 62708, *Types de documents pour les projets relatifs aux systèmes électriques et aux instruments de fonctionnement dans l'industrie de transformation*

IEC 81346-1, *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence – Partie 1: Règles de base*

ISO 7200, *Documentation technique de produits – Champs de données dans les cartouches d'inscription et têtes de documents*