

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61882

Première édition
First edition
2001-05

**Etudes de danger et d'exploitabilité
(études HAZOP) –
Guide d'application**

**Hazard and operability studies
(HAZOP studies) –
Application guide**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61882:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61882

Première édition
First edition
2001-05

**Etudes de danger et d'exploitabilité
(études HAZOP) –
Guide d'application**

**Hazard and operability studies
(HAZOP studies) –
Application guide**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions.....	10
4 Principes des études HAZOP	12
4.1 Vue d'ensemble	12
4.2 Principes de l'examen	18
4.3 Plan de conception	20
4.3.1 Généralités	20
4.3.2 Exigences de conception et intention de conception.....	22
5 Applications des études HAZOP	22
5.1 Généralités	22
5.2 Relation avec d'autres outils d'analyse.....	24
5.3 Limites de HAZOP	24
5.4 Etudes d'identification des dangers durant les différentes phases de la vie utile du système.....	26
5.4.1 Phase de concept et de définition	26
5.4.2 Phase de conception et de développement	26
5.4.3 Phase de fabrication et d'installation	26
5.4.4 Phase d'exploitation et de maintenance	26
5.4.5 Phase de mise hors service ou de mise au rebut.....	28
6 Procédure de l'étude HAZOP	28
6.1 Lancement de l'étude.....	28
6.2 Définition du domaine d'application et des objectifs de l'étude	28
6.2.1 Domaine d'application de l'étude.....	28
6.2.2 Objectifs de l'étude	28
6.3 Rôles et responsabilités.....	30
6.4 Travaux préparatoires.....	32
6.4.1 Généralités	32
6.4.2 Description de la conception	34
6.4.3 Mots-guides et déviations	34
6.5 Examen	36
6.6 Documentation.....	44
6.6.1 Généralités	44
6.6.2 Types de comptes-rendus	44
6.6.3 Résultats de l'étude	44
6.6.4 Exigences de compte-rendu	46
6.6.5 Agrément de la documentation.....	46
6.7 Suivi et responsabilité.....	46
7 Audit.....	48

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 Principles of HAZOP	13
4.1 Overview	13
4.2 Principles of examination	19
4.3 Design representation	21
4.3.1 General	21
4.3.2 Design requirements and design intent	23
5 Applications of HAZOP	23
5.1 General	23
5.2 Relation to other analysis tools	25
5.3 HAZOP limitations	25
5.4 Hazard identification studies during different system life cycle phases	27
5.4.1 Concept and definition phase	27
5.4.2 Design and development phase	27
5.4.3 Manufacturing and installation phase	27
5.4.4 Operation and maintenance phase	27
5.4.5 Decommissioning or disposal phase	29
6 The HAZOP study procedure	29
6.1 Initiation of the study	29
6.2 Definition of scope and objectives of the study	29
6.2.1 Scope of the study	29
6.2.2 Objectives of the study	29
6.3 Roles and responsibilities	31
6.4 Preparatory work	33
6.4.1 General	33
6.4.2 Design description	35
6.4.3 Guide words and deviations	35
6.5 The examination	37
6.6 Documentation	45
6.6.1 General	45
6.6.2 Styles of recording	45
6.6.3 Output of the study	45
6.6.4 Reporting requirements	47
6.6.5 Signing off the documentation	47
6.7 Follow-up and responsibility	47
7 Audit	49

Annexe A (informative) Méthodes de compte-rendu.....	50
A.1 Options de compte-rendu.....	50
A.2 Feuille de programmation HAZOP.....	50
A.3 Rapport d'étude HAZOP	52
Annexe B (informative) Exemples d'études HAZOP	54
B.1 Exemple introductif	54
B.2 Procédures	66
B.3 Système de protection automatique des trains	74
B.3.1 Application	74
B.4 Exemple avec planification en cas d'urgence	80
B.5 Système de commande de vanne piézoélectrique	90
B.6 Vaporiseur de mazout	102
Bibliographie	112
Tableau 1 – Principaux mots-guides avec leur signification générale.....	18
Tableau 2 – Mots-guides relatifs à l'heure et à un ordre ou une séquence.....	20
Tableau 3 – Exemples de déviations et mots-guides associés.....	36
Tableau B.1 – Feuille de programmation HAZOP pour un exemple introductif	58
Tableau B.2 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour les procédures.....	68
Tableau B.3 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour un système de protection automatique des trains.....	76
Tableau B.4 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour une planification en cas d'urgence.....	82
Tableau B.5 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour un système de commande de vanne piézoélectrique.....	96
Tableau B.6 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour un vaporiseur de mazout	104
Figure 1 – Déroutement d'une étude HAZOP	16
Figure 2a – Organigramme de la procédure de l'examen HAZOP – Séquence élément d'abord.....	40
Figure 2b – Organigramme de la procédure d'examen HAZOP – Séquence mot-guide d'abord.....	42
Figure B.1 – Schéma de circulation simple	56
Figure B.2 – Equipement ATP embarqué.....	74
Figure B.3 – Système de commande de vanne piézoélectrique	92
Figure B.4 – Vaporiseur de mazout	102

Annex A (informative) Methods of reporting.....	51
A.1 Reporting options.....	51
A.2 HAZOP worksheet	51
A.3 HAZOP study report.....	53
Annex B (informative) Examples of HAZOP	55
B.1 Introductory example	55
B.2 Procedures	67
B.3 Automatic train protection system	75
B.3.1 The application	75
B.4 Example involving emergency planning.....	81
B.5 Piezo valve control system.....	91
B.6 Oil vaporizer	103
Bibliography	113
Table 1 – Basic guide words and their generic meanings.....	19
Table 2 – Guide words relating to clock time and order or sequence.....	21
Table 3 – Examples of deviations and their associated guide words	37
Table B.1 – Example HAZOP worksheet for introductory example	59
Table B.2 – Example HAZOP worksheet for procedures example.....	69
Table B.3 – Example HAZOP worksheet for automatic train protection system	77
Table B.4 – Example HAZOP worksheet for emergency planning	83
Table B.5 – Example HAZOP worksheet for piezo valve control system	97
Table B.6 – Example HAZOP worksheet for oil vaporizer.....	105
Figure 1 – The HAZOP study procedure.....	17
Figure 2a – Flow chart of the HAZOP examination procedure – Element first sequence	41
Figure 2b – Flow chart of the HAZOP examination procedure – Guide word first sequence	43
Figure B.1 – Simple flow sheet.....	57
Figure B.2 – Train-carried ATP equipment.....	75
Figure B.3 – Piezo valve control system	93
Figure B.4 – Oil vaporizer.....	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉTUDES DE DANGER ET D'EXPLOITABILITÉ (ÉTUDES HAZOP) – GUIDE D'APPLICATION

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61882 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/731/FDIS	56/733/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HAZARD AND OPERABILITY STUDIES (HAZOP STUDIES) –
APPLICATION GUIDE**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61882 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

FDIS	Report on voting
56/731/FDIS	56/733/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 3.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

L'objet de la présente norme est de décrire les principes et procédures des études sur l'identification des dangers et l'exploitabilité (études HAZOP). HAZOP est une technique structurée et systématique appliquée à l'examen d'un système défini en vue de:

- l'identification des dangers potentiels dans le système. Le danger peut se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien au-delà, comme dans le cas des dangers environnementaux;
- l'identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et, en particulier, l'identification des causes des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptibles d'entraîner la fabrication de produits non conformes.

Un avantage important des études HAZOP est que la connaissance qu'elles apportent en identifiant de manière structurée et systématique les dangers potentiels et les problèmes d'exploitabilité s'avère d'une grande utilité pour déterminer les mesures à prendre.

Une des caractéristiques d'une étude HAZOP est la «session d'examen» durant laquelle une équipe multidisciplinaire dirigée par un chef d'étude examine systématiquement toutes les parties d'une conception ou d'un système concernées par l'étude. Elle identifie les déviations par rapport à l'intention de conception du système, en utilisant un ensemble de «mots-guides». La technique vise à stimuler de manière systématique l'imagination des participants pour les aider à identifier les dangers et les problèmes d'exploitabilité. Il y a lieu de considérer HAZOP comme une amélioration d'une conception juste, utilisant des approches basées sur l'expérience, telles que les règles de l'art, plutôt qu'un succédané de ces approches.

Il existe de nombreux outils et techniques pour l'identification des dangers potentiels et des problèmes d'exploitabilité, allant des listes de contrôle (checklists) à HAZOP en passant par l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), ou l'analyse par arbre de panne (AAP). Certaines techniques, telles que les listes de contrôle et l'analyse par simulation (What-If), peuvent être utilisées dès le début du cycle de vie du système alors qu'il existe peu d'informations, ou lors d'une phase ultérieure si une analyse moins détaillée est nécessaire. Les études HAZOP demandent plus de détails sur le système considéré, mais fournissent des informations plus complètes sur les dangers et les erreurs dans la conception du système.

Le terme HAZOP a souvent été associé, dans un sens plus large, à d'autres techniques d'identification des dangers (par exemple HAZOP sur checklist, HAZOP 1 ou 2, HAZOP basé sur les connaissances, etc.). L'utilisation du terme HAZOP en relation avec ces techniques est considérée comme inappropriée et elle est volontairement exclue de ce document.

Avant de commencer une étude HAZOP, il convient de s'assurer qu'il s'agit de la technique la plus appropriée (autant individuellement qu'en combinaison avec d'autres techniques) pour la présente tâche. Cette appréciation tient compte de l'objet de l'étude, de la sévérité de toutes les conséquences possibles, du niveau approprié de détail, de la disponibilité des données et des ressources pertinentes.

La présente norme a été mise au point pour donner les lignes directrices dans un grand nombre d'industries et types de systèmes. Dans certaines industries, notamment les industries de transformation où cette technique a vu le jour, il existe des normes et des guides plus spécifiques qui établissent des méthodes d'application particulièrement adaptées à ces industries. Pour plus de détails, voir la bibliographie donnée en annexe.

INTRODUCTION

The purpose of this standard is to describe the principles and procedures of Hazard and Operability (HAZOP) Studies. HAZOP is a structured and systematic technique for examining a defined system, with the objective of:

- identifying potential hazards in the system. The hazards involved may include both those essentially relevant only to the immediate area of the system and those with a much wider sphere of influence, e.g. some environmental hazards;
- identifying potential operability problems with the system and in particular identifying causes of operational disturbances and production deviations likely to lead to non-conforming products.

An important benefit of HAZOP studies is that the resulting knowledge, obtained by identifying potential hazards and operability problems in a structured and systematic manner, is of great assistance in determining appropriate remedial measures.

A characteristic feature of a HAZOP study is the "examination session" during which a multi-disciplinary team under the guidance of a study leader systematically examines all relevant parts of a design or system. It identifies deviations from the system design intent utilizing a core set of guide words. The technique aims to stimulate the imagination of participants in a systematic way to identify hazards and operability problems. HAZOP should be seen as an enhancement to sound design using experience-based approaches such as codes of practice rather than a substitute for such approaches.

There are many different tools and techniques available for the identification of potential hazards and operability problems, ranging from Checklists, Fault Modes and Effects Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA) to HAZOP. Some techniques, such as Checklists and What-If/analysis, can be used early in the system life cycle when little information is available, or in later phases if a less detailed analysis is needed. HAZOP studies require more details regarding the systems under consideration, but produce more comprehensive information on hazards and errors in the system design.

The term HAZOP has been often associated, in a generic sense, with some other hazard identification techniques (e.g. checklist HAZOP, HAZOP 1 or 2, knowledge-based HAZOP). The use of the term with such techniques is considered to be inappropriate and is specifically excluded from this document.

Before commencing a HAZOP study, it should be confirmed that it is the most appropriate technique (either individually or in combination with other techniques) for the task in hand. In making this judgement, consideration should be given to the purpose of the study, the possible severity of any consequences, the appropriate level of detail, the availability of relevant data and resources.

This standard has been developed to provide guidance across many industries and types of system. There are more specific standards and guides within some industries, notably the process industries where the technique originated, which establish preferred methods of application for these industries. For details see the bibliography at the end of this text.

ÉTUDES DE DANGER ET D'EXPLOITABILITÉ (ÉTUDES HAZOP) – GUIDE D'APPLICATION

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est un guide d'application des études HAZOP aux systèmes. Elle utilise l'ensemble spécifique de mots-guides définis dans ce document. Elle donne également des indications sur l'application de la technique et sur la procédure de l'étude HAZOP, y compris la définition, la préparation, les sessions d'examen ainsi que les documents et le suivi qui en résultent.

Elle fournit également la documentation ainsi qu'un grand choix d'exemples couvrant diverses industries, illustrant la procédure d'un examen HAZOP.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60300-3-9, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques*

CEI 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

CEI 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

CEI 61160, *Revue de conception formalisée*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes définis dans la CEI 60050(191), ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent.

3.1

caractéristique

propriété qualitative ou quantitative d'un élément

NOTE Par exemple pression, température, tension.

3.2

intention de conception

façon dont les éléments et les caractéristiques doivent se comporter pour être conformes aux désirs du concepteur ou à une plage spécifiée

HAZARD AND OPERABILITY STUDIES (HAZOP STUDIES) – APPLICATION GUIDE

1 Scope

This International Standard provides a guide for HAZOP studies of systems utilizing the specific set of guide words defined in this document. It also gives guidance on application of the technique and on the HAZOP study procedure, including definition, preparation, examination sessions and resulting documentation and follow-up.

Documentation, as well as a broad set of examples encompassing various industries, illustrating HAZOP examination is also provided.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61160, *Formal design review*

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, definitions contained in IEC 60050(191) as well as the following terms and definitions apply:

3.1

characteristic

qualitative or quantitative property of an element

NOTE Examples of characteristics are pressure, temperature, voltage.

3.2

design intent

designer's desired, or specified range of behaviour for elements and characteristics

3.3

déviatio

écart par rapport à l'intention de conception

3.4

élément

composant d'une partie servant à identifier les caractéristiques essentielles de la partie

NOTE Le choix des éléments peut dépendre de l'application particulière, mais les éléments peuvent inclure des caractéristiques telles que le matériel concerné, l'activité exécutée, l'équipement utilisé, etc. Le matériel est généralement considéré dans le sens large et comprend les données, le logiciel, etc.

3.5

mot-guide

mot ou phrase qui exprime et définit un type particulier de déviation par rapport à l'intention de conception d'un élément

3.6

dommage

blessure physique et/ou atteinte à la santé, à la propriété ou à l'environnement

3.7

danger

source potentielle de dommage

3.8

partie

section du système faisant l'objet de l'étude actuelle

NOTE Une partie peut être physique (par exemple matériel) ou logique (par exemple étape d'une séquence de fonctionnement).

3.9

risque

combinaison de la probabilité d'occurrence d'un dommage et de la sévérité de ce dommage

4 Principes des études HAZOP

4.1 Vue d'ensemble

Une étude HAZOP est un processus d'identification détaillée des dangers et des problèmes d'exploitabilité, exécuté par une équipe. HAZOP s'attache à l'identification des déviations potentielles par rapport à l'intention de conception, à l'examen de leurs causes possibles et à l'évaluation de leurs conséquences.

Les principales caractéristiques d'un examen HAZOP sont, entre autres, celles indiquées ci-dessous.

- L'examen est un processus créatif. Il consiste à utiliser systématiquement une série de mots-guides pour identifier des déviations potentielles par rapport à l'intention de conception et à employer ces déviations comme «déclencheurs» stimulant l'imagination des membres de l'équipe dans la recherche du pourquoi de la déviation et dans l'évaluation des conséquences qu'elle peut engendrer.
- L'examen se déroule sous la direction d'un chef d'étude qualifié et expérimenté qui doit veiller à l'examen exhaustif du système étudié, s'appuyant sur une pensée logique et analytique. Le chef d'étude est assisté de préférence par un rapporteur qui consigne les dangers et/ou les perturbations en exploitation identifiées en vue de leur évaluation et de la recherche d'une solution.

3.3

deviation

departure from the design intent

3.4

element

constituent of a part which serves to identify the part's essential features

NOTE The choice of elements may depend upon the particular application, but elements can include features such as the material involved, the activity being carried out, the equipment employed, etc. Material should be considered in a general sense and includes data, software, etc.

3.5

guide word

word or phrase which expresses and defines a specific type of deviation from an element's design intent

3.6

harm

physical injury or damage to the health of people or damage to property or the environment

3.7

hazard

potential source of harm

3.8

part

section of the system which is the subject of immediate study

NOTE A part may be physical (e.g. hardware) or logical (e.g. step in an operational sequence).

3.9

risk

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

4 Principles of HAZOP

4.1 Overview

A HAZOP study is a detailed hazard and operability problem identification process, carried out by a team. HAZOP deals with the identification of potential deviations from the design intent, examination of their possible causes and assessment of their consequences.

Key features of HAZOP examination include the following.

- The examination is a creative process. The examination proceeds by systematically using a series of guide words to identify potential deviations from the design intent and employing these deviations as "triggering devices" to stimulate team members to envisage how the deviation might occur and what might be the consequences.
- The examination is carried out under the guidance of a trained and experienced study leader, who has to ensure comprehensive coverage of the system under study, using logical, analytical thinking. The study leader is preferably assisted by a recorder who records identified hazards and/or operational disturbances for further evaluation and resolution.

- La qualité de l'examen repose sur les qualifications et l'expérience de spécialistes de diverses disciplines, faisant preuve d'intuition et de perspicacité.
- Il convient d'effectuer l'examen dans un climat de pensée positive et de franche discussion. Lorsqu'un problème est identifié, il est consigné pour être ultérieurement évalué et résolu.
- Les solutions aux problèmes identifiés ne constituent pas le principal objectif de l'examen HAZOP, mais elles peuvent, le cas échéant, être consignées pour être soumises aux responsables de la conception.

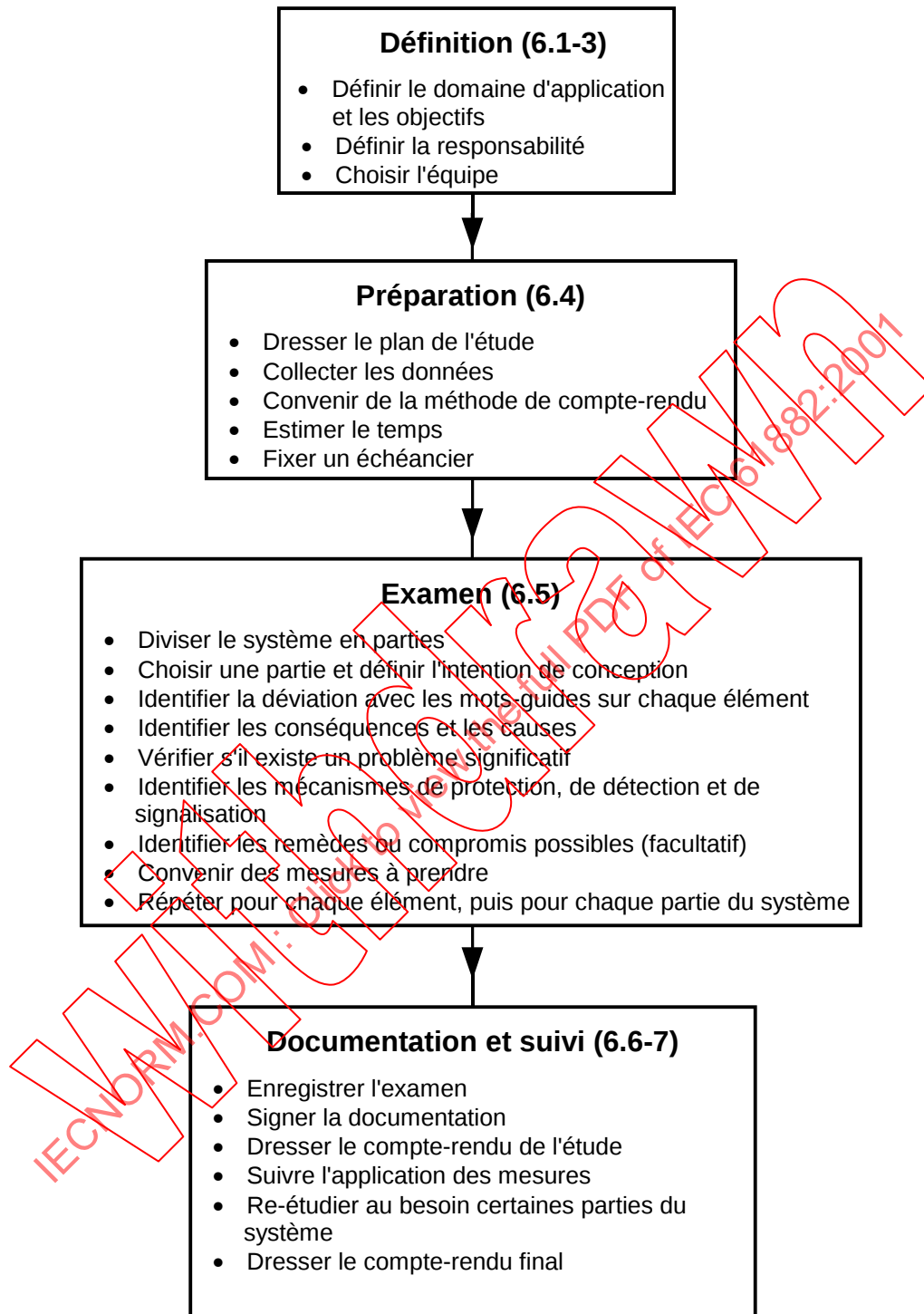
Les études HAZOP comprennent essentiellement quatre étapes exécutées dans l'ordre de la Figure 1.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61882:2001

- The examination relies on specialists from various disciplines with appropriate skills and experience who display intuition and good judgement.
- The examination should be carried out in a climate of positive thinking and frank discussion. When a problem is identified, it is recorded for subsequent assessment and resolution.
- Solutions to identified problems are not a primary objective of the HAZOP examination, but if made they are recorded for consideration by those responsible for the design.

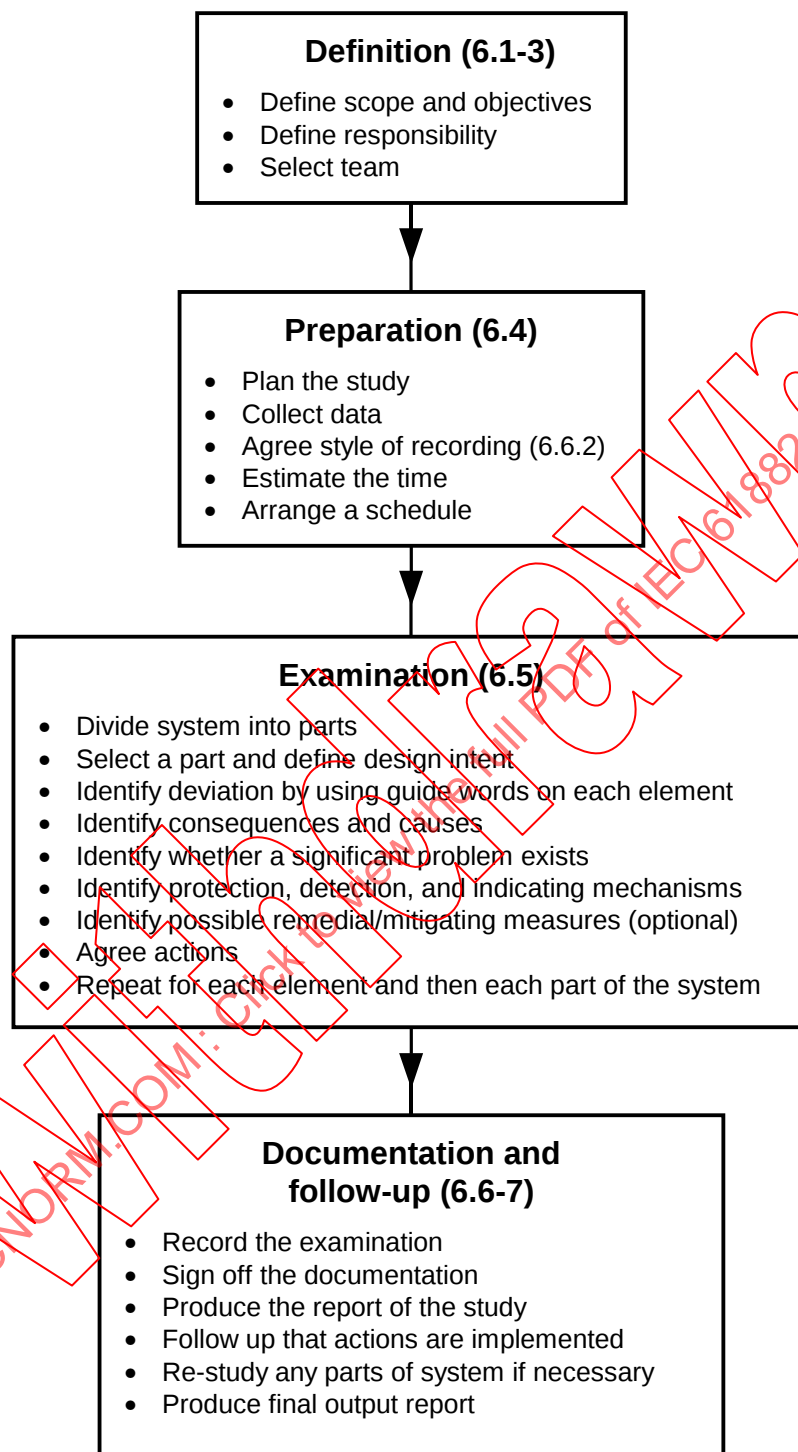
HAZOP studies consist of four basic sequential steps, shown in Figure 1.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61882:2001



IEC 450/01

Figure 1 – Déroulement d'une étude HAZOP



IEC 450/01

Figure 1 – The HAZOP study procedure

4.2 Principes de l'examen

Le principe de la méthode HAZOP est l'«examen avec des mots-guides» qui est une recherche réfléchie des déviations par rapport à l'intention de conception. Pour faciliter l'examen, on divise un système en parties de telle sorte que l'intention de conception puisse être définie de manière adéquate pour chacune d'elles. La taille de la partie choisie dépend généralement de la complexité du système et de la sévérité du danger. Elle sera plutôt petite dans les systèmes complexes ou dans ceux qui présentent des dangers importants. Dans les systèmes simples ou ceux pour lesquels les dangers sont faibles, l'utilisation de parties plus importantes réduira le temps d'étude. L'intention de conception pour une partie donnée d'un système est formulée sur la base des éléments qui possèdent les caractéristiques essentielles de la partie et en représentent les divisions naturelles. Le choix des éléments à examiner est dans une certaine mesure une décision subjective, puisqu'il peut exister plusieurs combinaisons qui mènent au but recherché, et que le choix peut également dépendre de l'application particulière. Les éléments peuvent être des étapes ou des phases discrètes d'une procédure, des signaux individuels et des entités d'un système de commande, un équipement ou des composants d'un processus ou d'un système électronique, etc.

Dans certains cas, il peut être utile d'exprimer la fonction d'une partie en termes de:

- matériau d'entrée provenant d'une certaine source;
- activité ayant lieu sur ce matériau;
- produit transporté vers une destination.

L'intention de conception contiendra donc les éléments suivants: matériaux, activités, sources et destinations, qui peuvent être considérés comme éléments de la partie.

En allant un pas plus loin, il est souvent utile de définir les éléments en termes de caractéristiques quantitatives ou qualitatives. Par exemple, dans un système chimique, l'élément «matériau» peut être défini en termes de caractéristiques telles que la température, la pression et la composition. Pour l'activité «transport», des caractéristiques telles que la vitesse de déplacement ou le nombre de passagers peuvent être pertinentes. Pour les systèmes informatiques, les informations plutôt que les matériaux seront pris en considération dans chaque partie.

L'équipe HAZOP examine chaque élément (et, le cas échéant, sa caractéristique) pour y rechercher les déviations par rapport à l'intention de conception susceptibles d'entraîner des conséquences indésirables. Pour identifier ces déviations, elle emploie un système de questions dans lequel interviennent des «mots-guides» prédéfinis. Le rôle du mot-guide est de stimuler l'imagination, de focaliser l'étude et de soulever des idées et des discussions, de façon à augmenter les chances de réalisation d'une étude complète. Les principaux mots-guides et leurs significations sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Principaux mots-guides avec leur signification générale

Mot-guide	Signification
NE PAS FAIRE	Négation totale de l'intention de conception
PLUS	Augmentation quantitative
MOINS	Diminution quantitative
EN PLUS DE	Modification/augmentation qualitative
PARTIE DE	Modification/diminution qualitative
INVERSE	Contraire logique de l'intention de conception
AUTRE QUE	Remplacement total

4.2 Principles of examination

The basis of HAZOP is a “guide word examination” which is a deliberate search for deviations from the design intent. To facilitate the examination, a system is divided into parts in such a way that the design intent for each part can be adequately defined. The size of the part chosen is likely to depend on the complexity of the system and the severity of the hazard. In complex systems or those which present a high hazard the parts are likely to be small. In simple systems or those which present low hazards, the use of larger parts will expedite the study. The design intent for a given part of a system is expressed in terms of elements which convey the essential features of the part and which represent natural divisions of the part. The selection of elements to be examined is to some extent a subjective decision in that there may be several combinations which will achieve the required purpose and the choice may also depend upon the particular application. Elements may be discrete steps or stages in a procedure, individual signals and equipment items in a control system, equipment or components in a process or electronic system, etc.

In some cases it may be helpful to express the function of a part in terms of:

- the input material taken from a source;
- an activity which is performed on that material;
- a product which is taken to a destination.

Thus the design intent will contain the following elements: materials, activities, sources and destinations which can be viewed as elements of the part.

Elements can often be usefully defined further in terms of characteristics which can be either quantitative or qualitative. For example, in a chemical system, the element “material” may be defined further in terms of characteristics such as temperature, pressure and composition. For the activity “transport”, characteristics such as the rate of movement or the number of passengers may be relevant. For computer-based systems, information rather than material is likely to be the subject of each part.

The HAZOP team examines each element (and characteristic, where relevant) for deviation from the design intent which can lead to undesirable consequences. The identification of deviations from the design intent is achieved by a questioning process using predetermined “guide words”. The role of the guide word is to stimulate imaginative thinking, to focus the study and elicit ideas and discussion, thereby maximizing the chances of study completeness. Basic guide words and their meanings are given in Table 1.

Table 1 – Basic guide words and their generic meanings

Guide word	Meaning
NO OR NOT	Complete negation of the design intent
MORE	Quantitative increase
LESS	Quantitative decrease
AS WELL AS	Qualitative modification/increase
PART OF	Qualitative modification/decrease
REVERSE	Logical opposite of the design intent
OTHER THAN	Complete substitution

D'autres mots-guides relatifs à l'heure, à un ordre ou une séquence sont également définis, dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Mots-guides relatifs à l'heure et à un ordre ou une séquence

Mot-guide	Signification
PLUS TÔT	Relatif à l'heure
PLUS TARD	Relatif à l'heure
AVANT	Relatif à un ordre ou une séquence
APRÈS	Relatif à un ordre ou une séquence

Ces mots-guides admettent un certain nombre d'interprétations. Des mots-guides supplémentaires peuvent servir à faciliter l'identification des déviations, à condition d'avoir été définis avant le début de l'examen. Une fois que la partie à soumettre à l'examen a été choisie, l'intention de conception de cette partie est divisée en éléments distincts. Chacun des mots-guides significatifs est alors appliqué tour à tour à chaque élément pour procéder à une recherche systématique des déviations. Après l'application d'un mot-guide, les causes et les conséquences possibles d'une déviation donnée sont examinées et les mécanismes de détection ou de signalement des défaillances peuvent également être étudiés. Les résultats de l'examen sont enregistrés sous un format convenu (voir 6.6.2).

Les associations mot-guide/élément peuvent être assimilés à une matrice dans laquelle les mots-guides définissent les lignes et les éléments les colonnes. Dans chaque case de la matrice ainsi formée se trouve une combinaison mot-guide/élément particulière. Pour parvenir à une identification complète du danger, il est impératif que les éléments et leurs caractéristiques couvrent tous les aspects pertinents de l'intention de conception et que les mots-guides couvrent toutes les déviations. Toutes les combinaisons ne donneront pas des déviations crédibles, de sorte qu'il est possible que la matrice présente plusieurs cases vides quand toutes les combinaisons mot-guide/élément sont considérées.

Les cellules de la matrice peuvent être examinées suivant deux séquences: colonne par colonne, c'est-à-dire *élément d'abord*, ou ligne par ligne, c'est-à-dire *mot-guide d'abord*. Les détails de l'examen sont présentés en 6.5 et les Figures 2a et 2b illustrent les deux séquences d'examen. En principe, les résultats de l'examen devraient être identiques.

4.3 Plan de conception

4.3.1 Généralités

Une des conditions préalables à la réalisation de l'examen est de disposer d'une représentation précise et complète de la conception du système étudié. Le plan de conception est un modèle descriptif du système, donnant une vue précise du système lui-même, de ses parties et éléments et de leurs caractéristiques. Le plan peut représenter la conception physique ou la conception logique, ce qu'il convient d'indiquer clairement.

En règle générale, le plan de conception montre de façon qualitative ou quantitative la fonction de chaque partie et élément du système. Elle décrit également les interactions du système avec d'autres systèmes, avec son opérateur/utilisateur et, éventuellement, avec l'environnement. La conformité des éléments ou caractéristiques à leur intention de conception détermine le bon fonctionnement et, dans certains cas, la sécurité du système.

La représentation du système se décompose en deux parties essentielles:

- les exigences du système;
- une description physique et/ou logique de la conception.

Additional guide words relating to clock time and order or sequence are given in Table 2.

Table 2 – Guide words relating to clock time and order or sequence

Guide word	Meaning
EARLY	Relative to the clock time
LATE	Relative to the clock time
BEFORE	Relating to order or sequence
AFTER	Relating to order or sequence

There are a number of interpretations of the above guide words. Additional guide words may be used to facilitate identification of deviation. Such guide words may be used provided they are identified before the examination commences. Having selected a part for examination, the design intent of that part is broken into separate elements. Each relevant guide word is then applied to each element, thus a thorough search for deviations is carried out in a systematic manner. Having applied a guide word, possible causes and consequences of a given deviation are examined and mechanisms for detection or indication of failures may also be investigated. The results of the examination are recorded to an agreed format (see 6.6.2).

Guide word/element associations may be regarded as a matrix, with the guide words defining the rows and the elements defining the columns. Within each cell of the matrix thus formed will be a specific guide word/element combination. To achieve a comprehensive hazard identification, it is necessary that the elements and their associated characteristics cover all relevant aspects of the design intent and guide words cover all deviations. Not all combinations will give credible deviations, so the matrix may have several empty spaces when all guide word/element combinations are considered.

There are two possible sequences in which the cells of the matrix can be examined, namely column by column, i.e. *element first*, or row by row, i.e. *guide word first*. The details of examination are outlined in 6.5 and both sequences of examination are illustrated in Figures 2a and 2b. In principle the results of the examination should be the same.

4.3 Design representation

4.3.1 General

An accurate and complete design representation of the system under study is a prerequisite to the examination task. A design representation is a descriptive model of the system adequately describing the system under study, its parts and elements, and identifying their characteristics. The representation may be of the physical design or of the logical design and it should be made clear what is represented.

The design representation should convey the system function of each part and element in a qualitative or quantitative manner. It should also describe the interactions of the system with other systems, with its operator/user and possibly with the environment. The conformance of elements or characteristics to their design intent determines the correctness of operations and in some cases the safety of the system.

The representation of the system consists of two basic parts:

- the system requirements;
- a physical and/or logical description of the design.

Le résultat d'une étude HAZOP dépend de l'étendue, de l'exactitude et de la précision du plan de conception, y compris l'intention de conception. En conséquence, il convient de préparer le logiciel d'information avec le plus grand soin. Si l'étude HAZOP est réalisée dans la phase d'exploitation ou de mise au rebut, il convient de s'assurer que toutes les modifications apparaissent dans le plan de conception. Avant de commencer l'examen, il est recommandé à l'équipe d'examiner cette base d'informations et de la faire réviser, si nécessaire.

4.3.2 Exigences de conception et intention de conception

Les exigences de conception comprennent des exigences qualitatives et quantitatives auxquelles le système doit satisfaire et constituent la base du développement de la conception du système et de l'intention de conception. Il convient d'identifier toutes les conditions d'utilisation correcte et de mauvaise utilisation raisonnablement prévisibles de la part de l'utilisateur. Les exigences de conception ainsi que l'intention de conception qui en découle doivent répondre aux attentes du client.

Sur la base des exigences du système, le concepteur développe la conception du système, c'est-à-dire qu'on aboutit à une configuration du système où des fonctions spécifiques sont affectées aux sous-systèmes et aux composants. Les composants sont spécifiés et sélectionnés. En règle générale, le concepteur ne considère pas seulement ce que l'équipement est censé faire, mais il s'assure aussi que l'équipement ne tombe pas en panne dans n'importe quel concours inhabituel de circonstances, ou qu'il ne cède pas à l'usure durant la durée vie spécifiée. Il identifie également les comportements ou caractéristiques indésirables de manière à les éliminer dès la conception ou à minimiser leurs effets par une conception appropriée. Les informations ci-dessus servent de support à l'étude de l'intention de conception pour les parties à examiner.

L'«intention de conception» forme la base de l'examen. Il convient qu'elle soit aussi correcte et complète que possible. Bien que la vérification de l'intention de conception (voir la CEI 61160) n'entre pas dans le cadre de l'étude HAZOP, il convient que le chef d'étude s'assure que l'intention de conception est correcte et complète avant d'autoriser la poursuite de l'étude. En général, la plupart des intentions de conception documentées se limitent aux fonctions et paramètres fondamentaux du système dans les conditions normales d'exploitation. Cependant, les dispositions relatives aux conditions d'exploitation anormales et aux phénomènes indésirables susceptibles de se produire (par exemple, fortes vibrations, coups de bélier dans les canalisations, tensions de choc, etc., à l'origine de défaillances) sont rarement mentionnées. Cependant, il y a lieu de les identifier et d'en tenir compte dans l'examen. De même, les mécanismes de détérioration, tels que le vieillissement, la corrosion et l'érosion, ainsi que les autres mécanismes à l'origine d'une dégradation des propriétés du matériau, ne sont pas spécifiquement mentionnés. Cependant, ils doivent être identifiés et pris en compte dans l'étude, à l'aide de mots-guides appropriés.

Il convient également d'identifier et de prendre en compte la durée de vie prévue, la fiabilité, la maintenabilité et le soutien logistique de maintenance, ainsi que les dangers qui peuvent survenir au cours des activités de maintenance, dans la mesure où ces dernières font partie du domaine d'application de l'étude HAZOP.

5 Applications des études HAZOP

5.1 Généralités

A l'origine, HAZOP était une technique développée pour les systèmes impliquant le traitement d'un milieu fluide ou autre flux de matière dans les industries de transformation. Cependant, son domaine d'application n'a cessé de s'étendre au cours des dernières années, et la technique HAZOP s'applique aujourd'hui, par exemple:

- aux applications logicielles, y compris les systèmes électroniques programmables;

The resulting value of a HAZOP study depends on the completeness, adequacy and accuracy of the design representation including the design intent. Care should be taken, therefore, in preparation of the information package. If HAZOP is being conducted in the operational or disposal phase, care should be taken to ensure that any modifications are reflected in the design representation. Before starting the examination, the team should review this information package, and if necessary have it revised.

4.3.2 Design requirements and design intent

The design requirements consist of qualitative and quantitative requirements which the system has to satisfy, and provide the basis for development of system design and design intent. All reasonable use and misuse conditions which are expected by the user should be identified. Both the design requirements and resulting design intent have to meet customer expectations.

On the basis of system requirements a designer develops the system design, i.e. a system configuration is arrived at, and specific functions are assigned to subsystems and components. Components are specified and selected. The designer should not only consider what the equipment should do, but also ensure that it will not fail under any unusual set of conditions, or that it will not wear out during the specified lifetime. Undesirable behaviour or features should also be identified so they can be designed out, or their effects minimized by appropriate design. The above information provides the basis for identifying the design intent for the parts to be examined.

The "design intent" forms a baseline for the examination and should be correct and complete, as far as possible. The verification of design intent (see IEC 61160), is outside of the scope of the HAZOP study, but the study leader should ascertain that it is correct and complete to allow the study to proceed. In general most documented design intents are limited to basic system functions and parameters under normal operating conditions. However provisions for abnormal operating conditions and undesirable activities which may occur (e.g. severe vibrations, water hammer in pipes, voltage surges which may lead to failure) are rarely mentioned, but should be identified and considered during the examination. Also deterioration mechanisms such as ageing, corrosion and erosion and other mechanisms which cause deterioration in material properties are not specifically stated. However they have to be identified and considered in a study using appropriate guide words.

Expected life, reliability, maintainability and maintenance support should also be identified and considered together with hazards which may be encountered during maintenance activities, provided they are included in the scope of the HAZOP study.

5 Applications of HAZOP

5.1 General

Originally HAZOP was a technique developed for systems involving the treatment of a fluid medium or other material flow in the process industries. However its area of application has steadily widened in recent years and for example includes usage for:

- software applications including programmable electronic systems;

- aux systèmes assurant le déplacement des personnes par différents modes, tels que le transport routier et le transport ferroviaire;
- à l'examen de différentes séquences et procédures d'exploitation;
- à l'évaluation des procédures administratives dans différentes industries;
- à l'évaluation de systèmes spécifiques, par exemple, appareils médicaux.

HAZOP est particulièrement utile dans l'identification des faiblesses des systèmes (existants ou proposés) impliquant la circulation de matières, de personnes ou de données, ou un certain nombre d'événements ou d'activités d'une séquence planifiée, ou les procédures contrôlant cette séquence. HAZOP n'est pas seulement un outil précieux pour la conception et le développement de nouveaux systèmes, mais peut aussi être utilisé avec profit pour l'examen des dangers et des problèmes potentiels liés à différents états de l'exploitation d'un système donné, par exemple, démarrage, attente, fonctionnement normal, arrêt normal, arrêt d'urgence. Il peut également être employé dans les processus et les séquences de fabrication par lot et en régime instable, ainsi que dans les séquences continues. HAZOP peut être considéré comme une partie intégrante du processus global de bonne ingénierie des valeurs et de la gestion du risque.

5.2 Relation avec d'autres outils d'analyse

HAZOP peut être utilisé conjointement à d'autres méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement, telles que l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (voir la CEI 60812) et l'analyse par arbre de panne (voir la CEI 61025). De telles combinaisons peuvent être utilisées dans les situations exposées ci-dessous.

- l'analyse HAZOP indique clairement que les qualités de fonctionnement d'une entité spécifique de l'équipement sont critiques et doivent être examinées en profondeur; HAZOP peut être utilement complétée par une AMDE de cette entité de l'équipement;
- après avoir examiné, avec HAZOP, les déviations par élément ou caractéristique, on décide d'analyser l'effet de déviations multiples en utilisant une AAP, ou de quantifier l'éventualité des défaillances, toujours en utilisant une AAP.

HAZOP est une approche centrée essentiellement sur le système, contrairement à l'AMDE, qui est centrée sur le composant. L'AMDE part d'une défaillance possible d'un composant, pour étudier ensuite les conséquences de cette défaillance sur l'ensemble du système. L'étude est donc unidirectionnelle dans le sens cause à effet. Ce concept diffère de celui d'une étude HAZOP qui commence par identifier les déviations possibles par rapport à l'intention de conception et, à partir de là, procède dans deux directions, l'une pour chercher les causes possibles de la déviation et l'autre pour en déduire les conséquences.

5.3 Limites de HAZOP

Bien que les études HAZOP aient fait preuve d'une extrême utilité dans différentes industries, la technique a des limites dont il convient de tenir compte dans le choix d'une application.

- HAZOP est une technique d'identification des dangers qui étudie individuellement les parties d'un système et examine méthodiquement les effets des déviations sur chaque partie. Parfois, un danger grave va impliquer une interaction entre un certain nombre de parties du système. Ceci peut imposer une étude plus détaillée du danger, faisant appel à des techniques telles que l'analyse par arbre d'événement ou l'analyse par arbre de panne.
- Comme pour toute technique d'identification des dangers ou des problèmes d'exploitabilité, il ne peut être garanti que tous les dangers ou tous les problèmes d'exploitabilité seront identifiés par l'étude HAZOP. Par conséquent, il convient que l'étude d'un système complexe ne repose pas uniquement sur une étude HAZOP. En général, on utilise cette technique en combinaison avec d'autres techniques appropriées. Il est essentiel d'intégrer d'autres études pertinentes dans un système efficace de gestion globale de la sécurité.

- systems involving the movement of people by transport modes such as road and rail;
- examining different operating sequences and procedures;
- assessing administrative procedures in different industries;
- assessing specific systems, e.g. medical devices.

HAZOP is particularly useful for identifying weaknesses in systems (existing or proposed) involving the flow of materials, people or data, or a number of events or activities in a planned sequence or the procedures controlling such a sequence. As well as being a valuable tool in the design and development of new systems, HAZOP may also be profitably employed to examine hazards and potential problems associated with different operating states of a given system, e.g. start-up, standby, normal operation, normal shutdown, emergency shutdown. It can also be employed for batch and unsteady-state processes and sequences as well as for continuous ones. HAZOP may be viewed as an integral part of the overall process of value engineering and risk management.

5.2 Relation to other analysis tools

HAZOP may be used in conjunction with other dependability analysis methods such as Failure mode and effects analysis (see IEC 60812) and Fault tree analysis (see IEC 61025). Such combinations may be utilized in situations when:

- the HAZOP analysis clearly indicates that the performance of a particular item of equipment is critical and needs to be examined in considerable depth; the HAZOP may then be usefully complemented by an FMEA of that item of equipment;
- having examined single element/single characteristic deviations by HAZOP, it is decided to assess the effect of multiple deviations using FTA, or to quantify the likelihood of the failures, again using FTA.

HAZOP is essentially a system-centred approach, as opposed to FMEA which is component-centred. FMEA starts with a possible component failure and then proceeds to investigate the consequences of this failure on the system as a whole. Thus the investigation is unidirectional, from cause to consequence. This is different in concept from a HAZOP study which is concerned with identifying possible deviations from the design intent and then proceeds in two directions, one to find the potential causes of the deviation and the other to deduce its consequences.

5.3 HAZOP limitations

Whilst HAZOP studies have proved to be extremely useful in a variety of different industries, the technique has limitations that should be taken into account when considering a potential application.

- HAZOP is a hazard identification technique which considers system parts individually and methodically examines the effects of deviations on each part. Sometimes a serious hazard will involve the interaction between a number of parts of the system. In these cases the hazard may need to be studied in more detail using techniques such as event tree and fault tree analyses.
- As with any technique for the identification of hazards or operability problems, there can be no guarantee that all hazards or operability problems will be identified in a HAZOP study. The study of a complex system should not, therefore, depend entirely upon HAZOP. It should be used in conjunction with other suitable techniques. It is essential that other relevant studies are co-ordinated within an effective overall safety management system.

- Un grand nombre de systèmes sont étroitement liés entre eux et une déviation dans l'un d'eux peut avoir une cause ailleurs. Une intervention locale appropriée peut ne pas cibler la cause réelle et ne pas empêcher un accident de se produire ultérieurement. Beaucoup d'accidents se sont produits à la suite de modifications locales mineures dont on n'avait pas prévu les effets par contrecoup ailleurs. Bien qu'il soit possible de remédier à ce problème en reportant les implications des déviations d'une partie à une autre, ceci n'est souvent pas réalisé dans la pratique.
- Le succès d'une étude HAZOP dépend en grande partie de la capacité et de l'expérience du chef d'étude et de la connaissance et de l'expérience des membres de l'équipe et de leurs interactions.
- HAZOP ne considère que les parties qui apparaissent sur le plan de conception. Les activités et les opérations qui n'y apparaissent pas ne sont pas prises en compte.

5.4 Etudes d'identification des dangers durant les différentes phases de la vie utile du système

Les études HAZOP constituent l'un des outils d'analyse structurée des dangers le plus approprié dans les dernières phases de la conception détaillée pour examiner les ressources d'exploitation et dans les cas où des modifications ont été effectuées sur les ressources existantes. L'application d'HAZOP et d'autres méthodes d'analyse à un système durant les différentes phases de son cycle de vie est décrite en détail ci-après.

5.4.1 Phase de concept et de définition

Dans cette phase du cycle de vie d'un système, on décide du concept et des principales parties du système, mais la conception détaillée et la documentation nécessaire à l'exécution de l'étude HAZOP n'existent pas. Cependant, il est nécessaire d'identifier au cours de cette phase les principaux dangers afin de pouvoir les prendre en considération dans la conception et de faciliter les études HAZOP ultérieures. Pour l'exécution de ces études, il convient d'utiliser d'autres méthodes fondamentales. (Ces méthodes sont décrites dans la CEI 60300-3-9.)

5.4.2 Phase de conception et de développement

Durant cette phase du cycle de vie, on met au point une conception détaillée, on décide des modes d'exploitation et l'on prépare la documentation. La conception arrive à maturité et est gelée. Le meilleur moment pour exécuter une étude HAZOP se situe juste avant le gel de la conception. A ce stade, la conception est suffisamment détaillée pour recevoir des réponses significatives au mécanisme de questions de HAZOP. Il importe de disposer d'un système qui évalue les implications de tout changement effectué après l'exécution de HAZOP. Ce système est normalement conservé pendant toute la vie du système.

5.4.3 Phase de fabrication et d'installation

Il est recommandé de procéder à une étude avant démarrage du système, si la mise en service et l'exploitation du système présentent un danger potentiel et que les séquences d'exploitation et instructions d'utilisation sont critiques, ou lorsqu'il y a eu un changement substantiel d'intention dans une phase tardive. Il est nécessaire à ce stade que des données supplémentaires, telles que les instructions de mise en service et d'utilisation soient disponibles. De plus, il convient que l'étude examine toutes les questions soulevées durant les études antérieures pour s'assurer qu'elles ont été résolues.

5.4.4 Phase d'exploitation et de maintenance

Il convient d'envisager la réalisation d'une étude HAZOP avant la mise en œuvre de tout changement susceptible d'affecter la sécurité ou l'exploitabilité d'un système, ou d'avoir des effets sur l'environnement. Il convient également de mettre en place une procédure de révisions périodiques d'un système, afin de contrecarrer les effets des «changements sournois». Il importe que la documentation de conception et les instructions d'utilisation utilisées dans une étude soient à jour.

- Many systems are highly inter-linked, and a deviation at one of them may have a cause elsewhere. Adequate local mitigating action may not address the real cause and still result in a subsequent accident. Many accidents have occurred because small local modifications had unforeseen knock-on effects elsewhere. Whilst this problem can be overcome by carrying forward the implications of deviations from one part to another, in practice this is frequently not done.
- The success of a HAZOP study depends greatly on the ability and experience of the study leader and the knowledge, experience and interaction between team members.
- HAZOP only considers parts that appear on the design representation. Activities and operations which do not appear on the representation are not considered.

5.4 Hazard identification studies during different system life cycle phases

HAZOP studies are one of the structured hazard analysis tools most suitable in the later stages of detailed design for examining operating facilities, and when changes to existing facilities are made. Application of HAZOP and other methods of analysis during the various lifecycle phases of a system is described in more detail below.

5.4.1 Concept and definition phase

In this phase of a system's life cycle, the design concept and major system parts are decided but the detailed design and documentation required to conduct the HAZOP do not exist. However, it is necessary to identify major hazards at this time, to allow them to be considered in the design process and to facilitate future HAZOP studies. To carry out these studies, other basic methods should be used. (For descriptions of these methods, see IEC 60300-3-9.)

5.4.2 Design and development phase

During this phase of a life cycle, detailed design is developed, methods of operation are decided upon and documentation is prepared. The design reaches maturity and is frozen. The best time to carry out a HAZOP study is just before the design is frozen. At this stage the design is sufficiently detailed to allow the questioning mechanism of a HAZOP to obtain meaningful answers. It is important to have a system that will assess the implications of any changes made after the HAZOP has been carried out. This system should be maintained throughout the life of the system.

5.4.3 Manufacturing and installation phase

It is advisable to carry out a study before the system is started up, if commissioning and operation of the system can be hazardous and proper operating sequences and instructions are critical, or when there has been a substantial change of intent in a late stage. Additional data such as commissioning and operating instructions should be available at this time. In addition, the study should also review all actions raised during earlier studies to ensure that these have been resolved.

5.4.4 Operation and maintenance phase

The application of HAZOP should be considered before implementing any changes that could effect the safety or operability of a system or have environmental effects. A procedure should also be put in place for periodic reviews of a system to counteract the effects of "creeping change". It is important that the design documentation and operating instructions used in a study are up to date.

5.4.5 Phase de mise hors service ou de mise au rebut

Dans cette phase, il arrive qu'une étude soit nécessaire pour déterminer les sources de dangers qui peuvent ne pas exister en exploitation normale. S'il existe des comptes-rendus d'études précédentes, cette étude peut être réalisée rapidement. Il est recommandé de garder les comptes-rendus pendant toute la durée de vie du système pour permettre de traiter rapidement les questions de mise hors service.

6 Procédure de l'étude HAZOP

6.1 Lancement de l'étude

En règle générale, l'étude est lancée par une personne responsable du projet, appelée dans ce guide «directeur du projet». Le directeur du projet décide normalement du moment opportun d'une étude, nomme un chef d'étude et lui fournit les moyens nécessaires pour la réaliser. L'opportunité de cette étude est souvent ressentie durant la planification normale d'un projet, ou résulte d'exigences légales ou de la stratégie de l'entreprise. Avec l'assistance du chef d'étude, le directeur du projet définit généralement le domaine d'application et les objectifs de l'étude. Avant le début d'une étude, il convient de désigner un responsable d'un niveau hiérarchique approprié, apte à garantir la mise en œuvre des actions/ recommandations résultant de l'étude.

6.2 Définition du domaine d'application et des objectifs de l'étude

Le domaine d'application et les objectifs d'une étude sont interdépendants et il convient de les développer conjointement. Il convient de les définir clairement de manière que:

- les frontières du système et ses interfaces avec d'autres systèmes et l'environnement soient clairement définies;
- l'équipe d'étude se concentre sur certains points et ne se disperse pas dans des domaines étrangers à l'objectif recherché.

6.2.1 Domaine d'application de l'étude

Celui-ci dépend d'un certain nombre de facteurs comprenant:

- les frontières physiques du système;
- le nombre et le niveau de détails du plan de conception disponible;
- le domaine d'application des études précédentes, HAZOP ou autres méthodes d'analyse pertinentes, réalisées sur le système;
- toute disposition réglementaire s'appliquant au système.

6.2.2 Objectifs de l'étude

En général, les études HAZOP ont pour objet d'identifier tous les dangers et tous les problèmes d'exploitation, quel que soit leur type ou leurs conséquences. La restriction d'une étude HAZOP à l'identification des dangers permet une réalisation plus rapide et plus facile.

Pour définir les objectifs de l'étude, il convient de tenir compte des facteurs suivants:

- l'utilisation des résultats de l'étude;
- la phase du cycle de vie du système au cours de laquelle l'étude doit être réalisée (pour les détails, voir 5.4);
- les personnes ou la propriété qui encourent un risque, par exemple, le personnel, le public, l'environnement, le système;

5.4.5 Decommissioning or disposal phase

A study of this phase may be required, due to hazards that may not be present during normal operation. If records from previous studies exist, this study can be carried out expeditiously. Records should be kept throughout the life of the system in order to ensure that the decommissioning issues can be dealt with expeditiously.

6 The HAZOP study procedure

6.1 Initiation of the study

The study is generally initiated by a person with responsibility for the project, who in this guide is called “project manager”. The project manager should determine when a study is required, appoint a study leader and provide the necessary resources to carry it out. The need for such a study will often have been identified during normal project planning, due to legal requirements or company policy. With the assistance of the study leader, the project manager should define the scope and objectives of the study. Prior to the start of a study, someone with an appropriate level of authority should be assigned responsibility for ensuring that actions/recommendations from the study are implemented.

6.2 Definition of scope and objectives of the study

The objectives and scope of a study are inter-dependent, and should be developed together. Both should be clearly stated, to ensure that:

- the system boundaries, and its interfaces with other systems and the environment are clearly defined;
- the study team is focused, and does not stray into areas irrelevant to the objective.

6.2.1 Scope of the study

This will depend upon a number of factors, including:

- the physical boundaries of the system;
- the number and level of detail of the design representations available;
- the scope of any previous studies, whether HAZOP or other relevant analyses, carried out on the system;
- any regulatory requirements which are applicable to the system.

6.2.2 Objectives of the study

In general, HAZOP studies seek to identify all hazards and operating problems regardless of type or consequences. Focusing a HAZOP study strictly on identifying hazards will enable the study to be completed in shorter time and with less effort.

The following factors should be considered when defining objectives of the study:

- the purpose for which the results of the study will be used;
- the phase of the life cycle at which the study is to be carried out (for details see 5.4);
- persons or property that may be at risk, e.g. staff, the general public, the environment, the system;

- les problèmes d'exploitabilité, y compris les effets sur la qualité du produit;
- les normes auxquelles le système doit se conformer, tant en termes de sécurité que de qualité de fonctionnement.

6.3 Rôles et responsabilités

Il importe que le rôle et les responsabilités de l'équipe HAZOP soient clairement définis par le directeur du projet en accord avec le chef d'étude HAZOP dès le début de l'étude. En règle générale, le chef d'étude examine la conception pour déterminer quelles sont les informations disponibles et quelles sont les qualifications requises des membres de l'équipe. Il met au point un programme d'activités faisant apparaître les étapes marquantes du projet afin que toute recommandation puisse être appliquée en temps voulu.

Le chef d'étude est responsable de la mise en place d'un système de communication approprié pour le transfert des résultats de l'étude HAZOP. Le directeur du projet est responsable du suivi des résultats de l'étude et de la documentation correcte des décisions relatives à leur mise en œuvre prises par l'équipe de conception.

Il convient que le directeur du projet et le chef d'étude décident ensemble s'il est préférable que l'équipe HAZOP limite son activité à l'identification des dangers et des problèmes (qui sont ensuite rapportés au directeur du projet et à l'équipe de conception en vue de leur résolution) ou s'il y a lieu qu'elle suggère également des mesures de correction et/ou de compensation. Dans le dernier cas, il est nécessaire d'établir un accord concernant la responsabilité et le mécanisme du choix des mesures de correction et/ou de compensation et de l'obtention des autorisations nécessaires à leur application.

Une étude HAZOP est un effort d'équipe, chaque membre de l'équipe étant choisi pour remplir un rôle défini. Il est recommandé de limiter l'équipe au minimum suffisant pour disposer des qualifications techniques et pratiques et de l'expérience nécessaire. Ce minimum est généralement de quatre personnes, et dépasse rarement sept. Plus l'équipe est importante, plus le processus sera lent. Lorsqu'un système a été conçu par un sous-traitant, il convient de former l'équipe HAZOP avec du personnel provenant à la fois du sous-traitant et du client.

Il est recommandé d'attribuer les rôles définis ci-dessous aux membres de l'équipe:

- **Chef d'étude:** il n'est pas étroitement associé à l'équipe de conception et au projet. Il a été formé et a l'expérience de la direction d'études HAZOP. Responsable des communications entre la direction du projet et l'équipe HAZOP. Il planifie l'étude. Il donne son accord sur la composition de l'équipe d'étude. Il s'assure que l'équipe d'étude dispose des données représentatives de la conception. Il suggère des mots-guides et des interprétations des mots-guides – éléments/caractéristiques à utiliser dans l'étude. Il dirige l'étude. Il se charge de la compilation des résultats.
- **Rapporteur:** il consigne les débats des réunions. Il note les dangers et les problèmes identifiés, les recommandations faites et toutes les mesures de suivi. Il assiste le chef d'étude dans la planification et les tâches administratives. Dans certains cas, le chef d'étude peut tenir ce rôle.
- **Concepteur:** il explique la conception et sa représentation. Il explique comment une déviation définie peut se produire et la réponse correspondante du système.
- **Utilisateur:** il explique le contexte opérationnel dans lequel l'élément soumis à l'étude va fonctionner, les conséquences d'une déviation sur le fonctionnement et la mesure dans laquelle les déviations peuvent être dangereuses.
- **Spécialistes:** ils offrent leur expertise en ce qui concerne le système et l'étude. Peuvent être appelés à assurer une participation limitée, ce rôle tournant entre plusieurs individus.
- **Chargé de maintenance:** il est le représentant de l'équipe de maintenance (si nécessaire).

- operability problems, including effects on product quality;
- the standards required of the system, both in terms of safety and operational performance.

6.3 Roles and responsibilities

The role and responsibilities of a HAZOP team should be clearly defined by the project manager and agreed with the HAZOP study leader at the outset of the study. The study leader should review the design to determine what information is available and what skills are required from the study team members. A programme of activities should be developed, which reflects the milestones of the project, to enable any recommendations to be carried out in a timely fashion.

It is the study leader's responsibility to ensure that an appropriate communication system is set up and is used for transferring the result of the HAZOP study. It is the responsibility of the project manager to ensure that the results of the study are followed up and decisions regarding implementation made by the design team are properly documented.

The project manager and the study leader should agree whether the HAZOP team activity is to be confined to identification of hazards and problem areas (which are then referred back to the project manager and design team for resolution) or whether they are also to suggest possible remedial/mitigating measures. In the latter case there also needs to be agreement as to the responsibility and mechanism for selecting preferred remedial/mitigating measures and securing appropriate authorization for action to be taken.

A HAZOP study is a team effort, with each team member being chosen for a defined role. The team should be as small as possible consistent with the relevant technical and operating skills and experience being available. This will generally involve at least four persons and rarely more than seven. The larger the team, the slower the process. Where a system has been designed by a contractor, the HAZOP team should contain personnel from both the contractor and the client.

Recommended roles for team members are as follows:

- Study leader: not closely associated with the design team and the project. Trained and experienced in leading HAZOP studies. Responsible for communications between project management and the HAZOP team. Plans the study. Agrees study team composition. Ensures the study team is supplied with a design representation package. Suggests guide words and guide word – element/characteristic interpretations to be used in the study. Conducts the study. Ensures documentation of the results.
- Recorder: documents proceedings of the meetings. Documents the hazards and problem areas identified, recommendations made and any actions for follow-up. Assists the study leader in planning and administrative duties. In some cases, the study leader may carry out this role.
- Designer: explains the design and its representation. Explains how a defined deviation can occur and the corresponding system response.
- User: explains the operational context within which the element under study will operate, the operational consequences of a deviation and the extent to which deviations may be hazardous.
- Specialists: provide expertise relevant to the system and the study. May be called upon for limited participation with the role revolving amongst different individuals.
- Maintainer: maintenance staff representative (when required).

Les points de vue du concepteur et de l'utilisateur sont toujours nécessaires à l'étude. En revanche, selon la phase du cycle de vie au cours de laquelle se déroule l'étude, le type de spécialiste le plus apte à participer peut varier.

Il convient que tous les membres de l'équipe aient une connaissance suffisante de la technique HAZOP pour participer de façon efficace à l'étude; dans le cas contraire, il convient de leur offrir une initiation appropriée.

6.4 Travaux préparatoires

6.4.1 Généralités

Le chef d'étude est responsable des travaux préparatoires suivants:

- a) collecter des informations;
- b) convertir des informations dans un format approprié;
- c) planifier l'ordre des réunions;
- d) organiser les réunions nécessaires.

Par ailleurs, le chef d'étude peut organiser une recherche dans des bases de données, etc., pour identifier les incidents qui se sont produits avec les mêmes technologies ou des technologies similaires.

Le chef d'étude doit s'assurer qu'un plan de conception adéquat est disponible. Si le plan de conception est imparfait ou incomplet, il convient de le corriger avant le début de l'étude. Dans la phase de planification d'une étude, il convient que les parties, les éléments et leurs caractéristiques soient identifiés sur le plan de conception par une personne familiarisée avec la conception.

Le chef d'étude est responsable de la préparation d'un plan d'étude qui contient en règle générale:

- l'objectif et le domaine d'application de l'étude;
- une liste des membres participants;
- les détails techniques:
 - un plan de conception divisé en parties et éléments avec la définition de l'intention de conception et, pour chaque élément, une liste de composants, matériels et activités ainsi que leurs caractéristiques;
 - une liste de mots-guides proposés, et l'interprétation des combinaisons mot-guide – élément/caractéristique comme décrit en 6.4.3;
- une liste de références appropriées;
- les dispositions administratives, le programme des réunions, y compris les dates, heures et lieux;
- le formulaire de compte-rendu requis (voir annexe A);
- les modèles susceptibles d'être utilisés dans l'étude.

Il convient de prévoir des locaux adaptés et des moyens audiovisuels pour permettre un déroulement efficace des réunions.

Il convient que la documentation de base, comprenant le plan de l'étude et les références nécessaires, soit envoyée aux membres de l'équipe d'étude avant la première réunion pour leur permettre de se familiariser avec son contenu. Un examen physique du système est souhaitable.

The viewpoint of the designer and user are always required for the study. However depending on the particular phase of the life cycle in which the study is carried out, the type of specialists most appropriate to the study may vary.

All team members should have sufficient knowledge of the HAZOP technique to enable them to participate effectively in the study, or suitable introduction should be provided.

6.4 Preparatory work

6.4.1 General

The study leader is responsible for the following preparatory work:

- a) obtaining the information;
- b) converting the information into a suitable format;
- c) planning the sequence of the meetings;
- d) arranging the necessary meetings.

In addition, the study leader may arrange for a search to be made of databases, etc. to identify incidents which have occurred with the same or similar technologies.

The study leader is responsible for ensuring that an adequate design representation is available. If the design representation is flawed or incomplete, it should be corrected before the study begins. In the planning stage of a study, the parts, elements and their characteristics should be identified on the design representation by a person familiar with the design.

The study leader is responsible for the preparation of a study plan that should contain the following:

- objective and scope of the study;
- a list of participating members;
- technical details:
 - a design representation divided into parts and elements with defined design intent and for each element a list of components, materials and activities and their characteristics;
 - a list of proposed guide words to be used, and the interpretation of guide word – element/characteristic combinations as outlined in 6.4.3;
- a list of appropriate references;
- administrative arrangements, schedule of meetings, including their dates and times and locations;
- form of recording required (see annex A);
- templates that may be used in the study.

Adequate room facilities and visual and recording aids should be provided to facilitate efficient conduct of the meetings.

The briefing package consisting of the study plan and necessary references should be sent to the study team members in advance of the first meeting to allow them to familiarize themselves with its content. A physical review of the system is desirable.

Le succès de l'étude HAZOP dépend en grande partie de la vivacité et de la concentration des membres de l'équipe. Il importe donc de limiter la durée des séances et de planifier celles-ci à des intervalles appropriés. Il appartient finalement au chef d'étude de faire en sorte que ces exigences soient remplies.

6.4.2 Description de la conception

Normalement, la description d'une conception se compose de documents choisis parmi ceux énumérés ci-dessous, qu'il convient d'identifier de façon claire et unique, d'approuver et de dater:

a) pour tous les systèmes:

- les exigences de conception et descriptions, organigrammes, schémas de blocs fonctionnels, schémas de commande, schémas de circuits électriques, fiches de données techniques, schémas d'implantation, spécifications des services, conditions d'exploitation et de maintenance;

b) pour les systèmes d'écoulement:

- les schémas des canalisations et de l'instrumentation, spécifications du matériel et des équipements standards, disposition des canalisations et du système;

c) pour les systèmes électroniques programmables:

- les organigrammes des données, schémas de conception orientés objet, diagrammes de transition, chronogrammes, schémas logiques.

De plus, il convient de fournir les informations suivantes:

- limites de l'objet de l'étude et interfaces aux frontières;
- conditions d'environnement dans lesquelles le système va fonctionner;
- qualifications du personnel d'exploitation et de maintenance, compétences et expérience;
- procédures et/ou instructions d'exploitation;
- expérience résultant de l'exploitation et de la maintenance et dangers connus sur des systèmes similaires.

6.4.3 Mots-guides et déviations

Dans la phase de planification d'une étude HAZOP, il convient que le chef d'étude propose une liste initiale de mots-guides à utiliser. Il essaie les mots-guides proposés sur le système et confirme leur justesse. Il convient de choisir soigneusement les mots-guides. En effet, un mot-guide trop spécifique peut limiter les idées et la discussion, et un mot-guide trop général peut ne pas cerner correctement l'objet de l'étude HAZOP. Le Tableau 3 donne des exemples de différents types de déviations avec les mots-guides associés.

The success of the HAZOP study strongly depends on the alertness and concentration of the team members and it is therefore important that the sessions are of limited duration and that there are appropriate intervals between sessions. How these requirements are achieved is ultimately the responsibility of the study leader.

6.4.2 Design description

Typically a design description may consist of some of the following documentation which should be clearly and uniquely identified, approved and dated:

a) for all systems:

- design requirements and descriptions, flow sheets, functional block diagrams, control diagrams, electrical circuit diagrams, engineering data sheets, arrangement drawings, utilities specifications, operating and maintenance requirements;

b) for process flow systems:

- piping and instrumentation diagrams, material specifications and standards equipment, piping and system layout;

c) for programmable electronic systems:

- data flow diagrams, object-oriented design diagrams, state transition diagrams, timing diagrams, logic diagrams.

In addition, the following information should be provided:

- the boundaries of the object of the study and the interfaces at the borders;
- environmental conditions in which the system will operate;
- operating and maintenance personnel qualifications, skills and experience;
- procedures and/or operating instructions;
- operational and maintenance experience and known hazards with similar systems.

6.4.3 Guide words and deviations

In the planning stage of a HAZOP study, the study leader should propose an initial list of guide words to be used. The study leader should test the proposed guide words against the system and confirm their adequacy. The choice of guide words should be considered carefully, as a guide word which is too specific may limit ideas and discussion, and one which is too general may not focus the HAZOP study efficiently. Some examples of different types of deviation and their associated guide words are given in Table 3.

Tableau 3 – Exemples de déviations et mots-guides associés

Type de déviation	Mot-guide	Exemple d'interprétation pour l'industrie de transformation	Exemple d'interprétation pour un système électronique programmable
Négative	NE PAS FAIRE	Aucune partie de l'intention n'est remplie, par exemple pas d'écoulement	Pas de données ou de signal de commande
Modification quantitative	PLUS	Augmentation quantitative, p. ex. température plus élevée	Débit de données plus élevé que prévu
	MOINS	Diminution quantitative, par exemple température inférieure	Débit de données plus faible que prévu
Modification qualitative	EN PLUS DE	Présence d'impuretés Exécution simultanée d'une autre opération/étape	Présence de signaux supplémentaires ou erronés
	PARTIE DE	Une partie seulement de l'intention est réalisée, c'est-à-dire seulement une partie du transfert de fluide prévu a lieu	Les données ou les signaux de commande sont incomplets
Substitution	INVERSE	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations et à l'inversion des réactions chimiques	En principe non pertinent
	AUTRE QUE	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu, c'est-à-dire transfert du mauvais matériau	Les données ou les signaux de commande sont incorrects
Temps	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue, par exemple refroidissement ou filtrage	Les signaux arrivent en avance par rapport à l'horloge
	PLUS TARD	Un événement se produit après l'heure prévue, par exemple refroidissement ou filtrage	Les signaux arrivent en retard par rapport à l'horloge
Ordre ou séquence	AVANT	Un événement se produit trop tôt dans une séquence, par exemple mélange ou chauffage	Les signaux arrivent plus tôt que prévu dans une séquence
	APRES	Un événement se produit trop tard dans une séquence, par exemple mélange ou chauffage	Les signaux arrivent plus tard que prévu dans une séquence

Les combinaisons mot-guide – élément/caractéristique peuvent être interprétées différemment dans les études de différents systèmes, à différentes phases du cycle de vie du système, et si elles sont appliquées à différents plans de conception. Certaines combinaisons peuvent ne pas avoir d'interprétations significatives pour une étude donnée et il convient de les ignorer. Il convient de définir et de documenter l'interprétation de toutes les combinaisons mot-guide – élément/caractéristique. Si une combinaison donnée a plus d'une interprétation cohérente dans le contexte de la conception, il convient d'énumérer toutes les interprétations. D'autre part, il arrive également que la même interprétation vaille pour des combinaisons différentes. Dans ce cas, il convient de faire des renvois.

6.5 Examen

Il convient d'organiser les sessions d'examen de sorte que le chef d'étude mène la discussion en suivant le plan d'étude. Au début de la réunion d'étude HAZOP, il convient que le chef d'étude ou un membre de l'équipe familiarisé avec le processus à étudier et ses problèmes

- présente les grands traits du plan d'étude pour informer les membres sur la nature du système ainsi que sur les objectifs et le domaine d'application de l'étude;

Table 3 – Examples of deviations and their associated guide words

Deviation type	Guide word	Example interpretation for process industry	Example interpretation for a Programmable Electronic System, PES
Negative	NO	No part of the intention is achieved, e.g. no flow	No data or control signal passed
Quantitative modification	MORE	A quantitative increase, e.g. higher temperature	Data is passed at a higher rate than intended
	LESS	A quantitative decrease e.g. lower temperature	Data is passed at a lower rate than intended
Qualitative modification	AS WELL AS	Impurities present Simultaneous execution of another operation/step	Some additional or spurious signal is present
	PART OF	Only some of the intention is achieved, i.e. only part of an intended fluid transfer takes place	The data or control signals are incomplete
Substitution	REVERSE	Covers reverse flow in pipes and reverse chemical reactions	Normally not relevant
	OTHER THAN	A result other than the original intention is achieved, i.e. transfer of wrong material	The data or control signals are incorrect
Time	EARLY	Something happens early relative to clock time, e.g. cooling or filtration	The signals arrive too early with reference to clock time
	LATE	Something happens late relative to clock time, e.g. cooling or filtration	The signals arrive too late with reference to clock time
Order or sequence	BEFORE	Something happens too early in a sequence, e.g. mixing or heating	The signals arrive earlier than intended within a sequence
	AFTER	Something happens too late in a sequence, e.g. mixing or heating	The signals arrive later than intended within a sequence

Guide word – element/characteristic combinations may be interpreted differently in studies of different systems, at different phases of the system life cycle, and when applied to different design representations. Some of the combinations may not have meaningful interpretations for a given study and should be disregarded. The interpretation of all guide word – element/characteristic combinations should be defined and documented. If a given combination has more than one sensible interpretation in the context of the design, all interpretations should be listed. On the other hand, it may also be found that the same interpretation is derived from different combinations. When this occurs, appropriate cross references should be made.

6.5 The examination

The examination sessions should be structured, with the study leader leading the discussion following the study plan. At the start of a HAZOP study meeting the study leader or a team member who is familiar with the process to be examined and its problems should

- outline the study plan, to ensure that the members are familiar with the system and objectives and scope of the study;

- présente les grands traits du plan de conception et explique les éléments et mots-guides proposés;
- passe en revue les dangers et problèmes d'exploitation connus, ainsi que les secteurs critiques potentiels.

Il convient que l'analyse suive le déroulement ou la séquence correspondant au sujet de l'analyse, en procédant des entrées aux sorties dans une séquence logique. La puissance des techniques d'identification des dangers, telles que HAZOP, tient à la discipline du processus d'examen pas à pas. Il existe deux séquences d'examen possible: «élément d'abord» et «mot-guide d'abord», comme le montrent respectivement les Figures 2a et 2b. La séquence «élément d'abord» est décrite ci-après.

- a) Le chef d'étude commence par choisir une partie du plan de conception comme point de départ et par la marquer. Il explique ensuite l'intention de conception de la partie et identifie les éléments pertinents et toutes les caractéristiques associées à ces éléments.
- b) Le chef d'étude choisit un des éléments et consulte l'équipe pour savoir s'il convient d'appliquer le mot-guide directement à l'élément lui-même ou à des caractéristiques individuelles de cet élément. Le chef d'étude détermine le mot-guide qui doit être appliqué en premier.
- c) On examine la première interprétation applicable au mot-guide dans le contexte de l'élément ou de la caractéristique étudiée pour voir s'il existe une déviation crédible par rapport à l'intention de conception. Si une déviation crédible est identifiée, on recherche ses causes et ses conséquences possibles. Dans certaines applications, il est utile de classer les déviations en fonction de la sévérité potentielle des conséquences ou du niveau de gravité des risques basé sur l'utilisation d'une matrice de risques. L'utilisation des matrices de risques est traitée en détails dans la CEI 60300-3-9.
- d) Il convient que l'équipe vérifie la présence de mécanismes de protection, de détection et d'indication qui peuvent être présents dans la partie sélectionnée ou faire partie des intentions de conception d'autres parties. Il convient que l'existence de ces mécanismes n'empêche pas l'examen de l'indication du danger ou du problème d'exploitabilité potentiel, ni les tentatives de réduire la probabilité de la manifestation d'un tel danger ou problème ou d'atténuer ses conséquences.
- e) Il convient que le chef d'étude résume les résultats qui sont consignés dans un compte-rendu par le rapporteur. Si des travaux supplémentaires de suivi s'avèrent nécessaires, il convient que le nom du responsable de l'exécution de ces travaux soit également mentionné dans le compte-rendu.
- f) On répète ensuite le processus pour toutes les autres interprétations de ce mot-guide; puis, pour un autre mot-guide; puis, pour chaque caractéristique de l'élément examiné (s'il a été convenu d'effectuer une analyse au niveau des caractéristiques de cet élément); puis pour chaque élément de la partie étudiée. Après l'examen complet d'une partie, il convient que le chef d'étude marque cette partie comme ayant été examinée. Le processus est répété jusqu'à ce que toutes les parties aient été analysées.

Une autre méthode d'application des mots-guides, différente de celle décrite ci-dessus, consiste à appliquer le premier mot-guide tour à tour à chacun des éléments d'une partie, puis le mot-guide suivant à tour de rôle à tous les éléments et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les mots-guides aient été utilisés pour tous les éléments de la partie concernée, avant de passer à une autre partie. (Voir Figure 2b.)

Il convient que le choix de la séquence à suivre dans une étude particulière revienne au chef d'étude et à son équipe. Il est guidé par les détails d'exécution de l'examen HAZOP. D'autres facteurs de décision sont par exemple la nature des technologies concernées, le besoin de souplesse dans la conduite de l'examen et, dans une certaine mesure, la formation qu'ont reçue les participants.

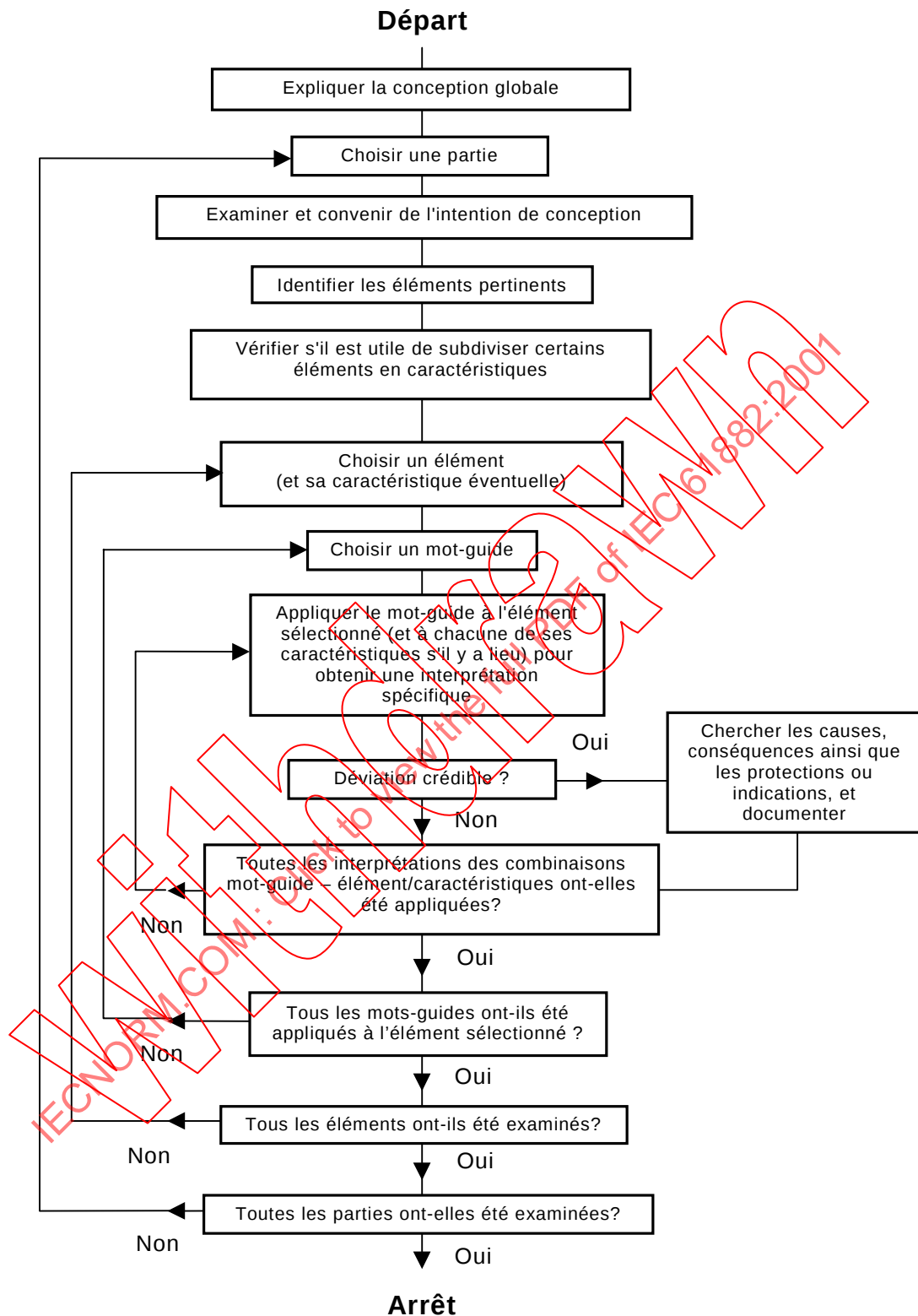
- outline the design representation and explain the proposed elements and guide words to be used;
- review the known hazards and operational problems and potential areas of concern.

The analysis should follow the flow or sequence related to the subject of the analysis, tracing inputs to outputs in a logical sequence. Hazard identification techniques such as HAZOP derive their power from a disciplined step by step examination process. There are two possible sequences of examination: “Element first” and “Guide word first”, as shown in Figures 2a and 2b respectively. The element first sequence is described below.

- a) The study leader starts by selecting a part of the design representation as a starting point and marking it. The design intent of the part is then explained and the relevant elements and any characteristics associated with these elements identified.
- b) The study leader chooses one of the elements and agrees with the team whether the guide word should be applied directly to the element itself or to individual characteristics of that element. The study leader identifies which guide word is to be applied first.
- c) The first applicable guide word interpretation is examined in the context of the element or characteristic being studied in order to see if there is a credible deviation from the design intent. If a credible deviation is identified, it is examined for possible causes and consequences. In some applications it is found useful to categorize the deviations either in terms of the potential severity of the consequences or in terms of a relative risk ranking based on the use of a risk matrix. The use of risk matrices is further discussed in IEC 60300-3-9.
- d) The team should identify the presence of protection, detection and indication mechanisms for the deviation, which may be included within the selected part or form a portion of the design intentions of other parts. The presence of such mechanisms should not stop the potential hazard or operability problem being explored or listed or attempts being made to reduce the probability of its occurrence or mitigating its consequences.
- e) The study leader should summarize the results that are documented by the recorder. Where there is a need for additional follow-up work, the name of the person responsible for ensuring that the work is carried out should also be recorded.
- f) The process is then repeated for any other interpretation for that guide word; then for another guide word; then for each characteristic of the element under examination (if analysis at the characteristic level has been agreed for that element); then for each element of the part under study. After a part has been fully examined, it should be marked as completed. The process is repeated until all parts have been analysed.

An alternative method of guide word application to that described above, is to apply the first guide word to each of the elements within a part in turn. When this has been completed, the study proceeds with the next guide word which again is applied to all elements in turn. The process is repeated until all the guide words have been used for all the elements in that particular part before moving on to another part. (See Figure 2b.)

The selection of which sequence to be followed in any particular study should be made by the study leader and his team. It is influenced by the detailed manner in which the HAZOP examination is conducted. Other factors involved in the decision include the nature of the technologies involved, the need for flexibility in the conduct of the examination and, to some extent, the training which the participants have received.



**Figure 2a – Organigramme de la procédure de l'examen HAZOP –
Séquence élément d'abord**

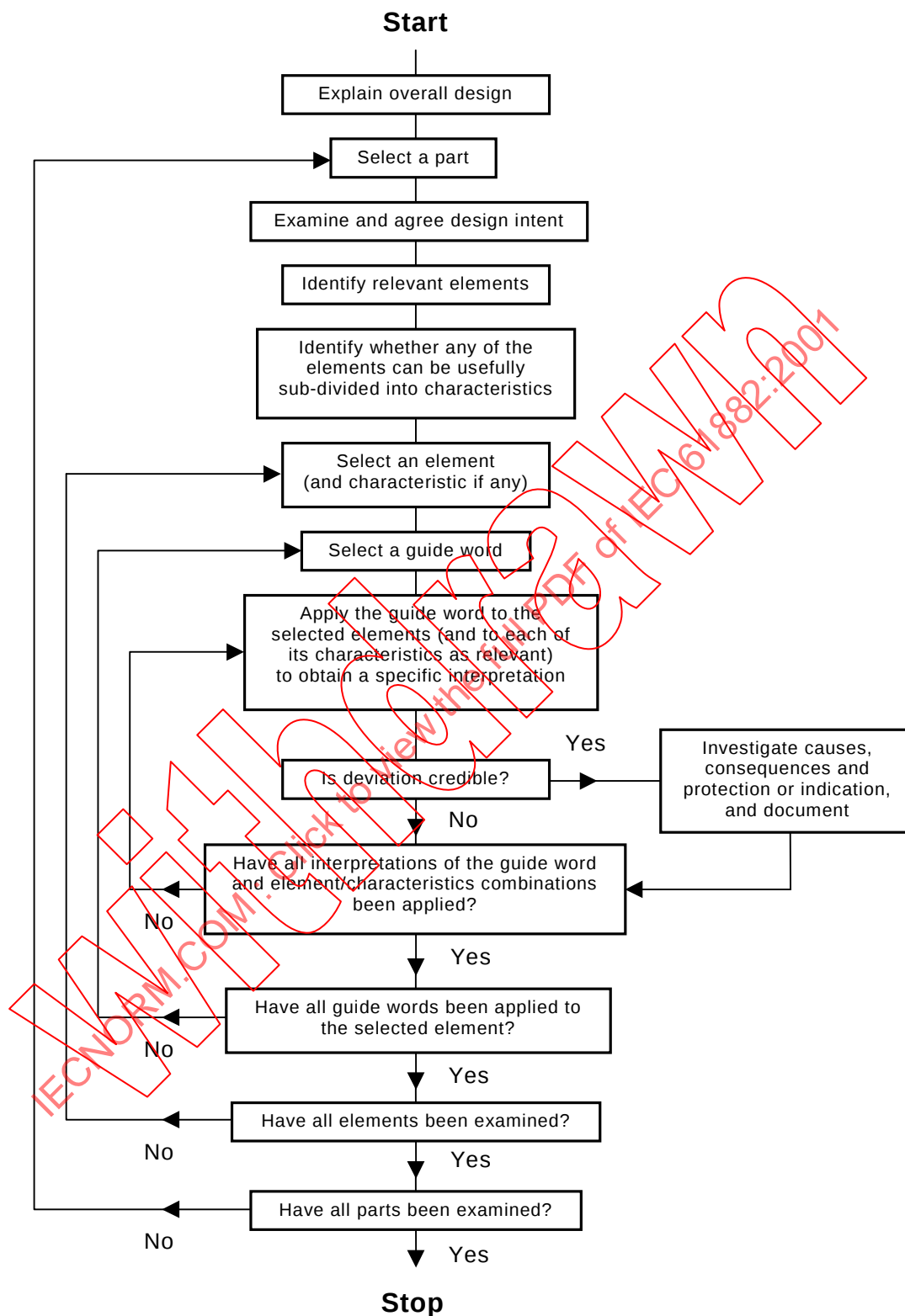


Figure 2a – Flow chart of the HAZOP examination procedure – Element first sequence

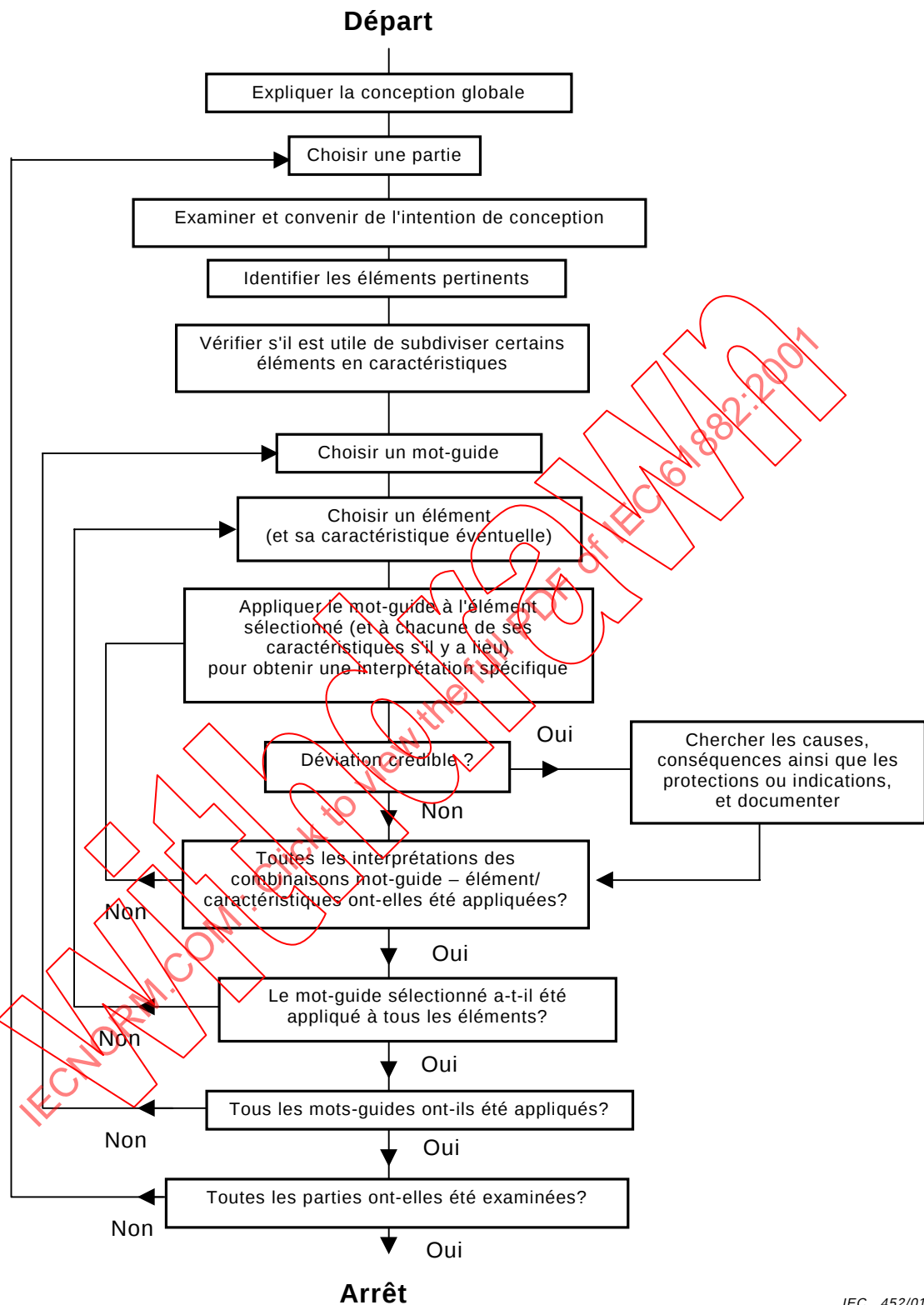


Figure 2b – Organigramme de la procédure d'examen HAZOP – Séquence mot-guide d'abord

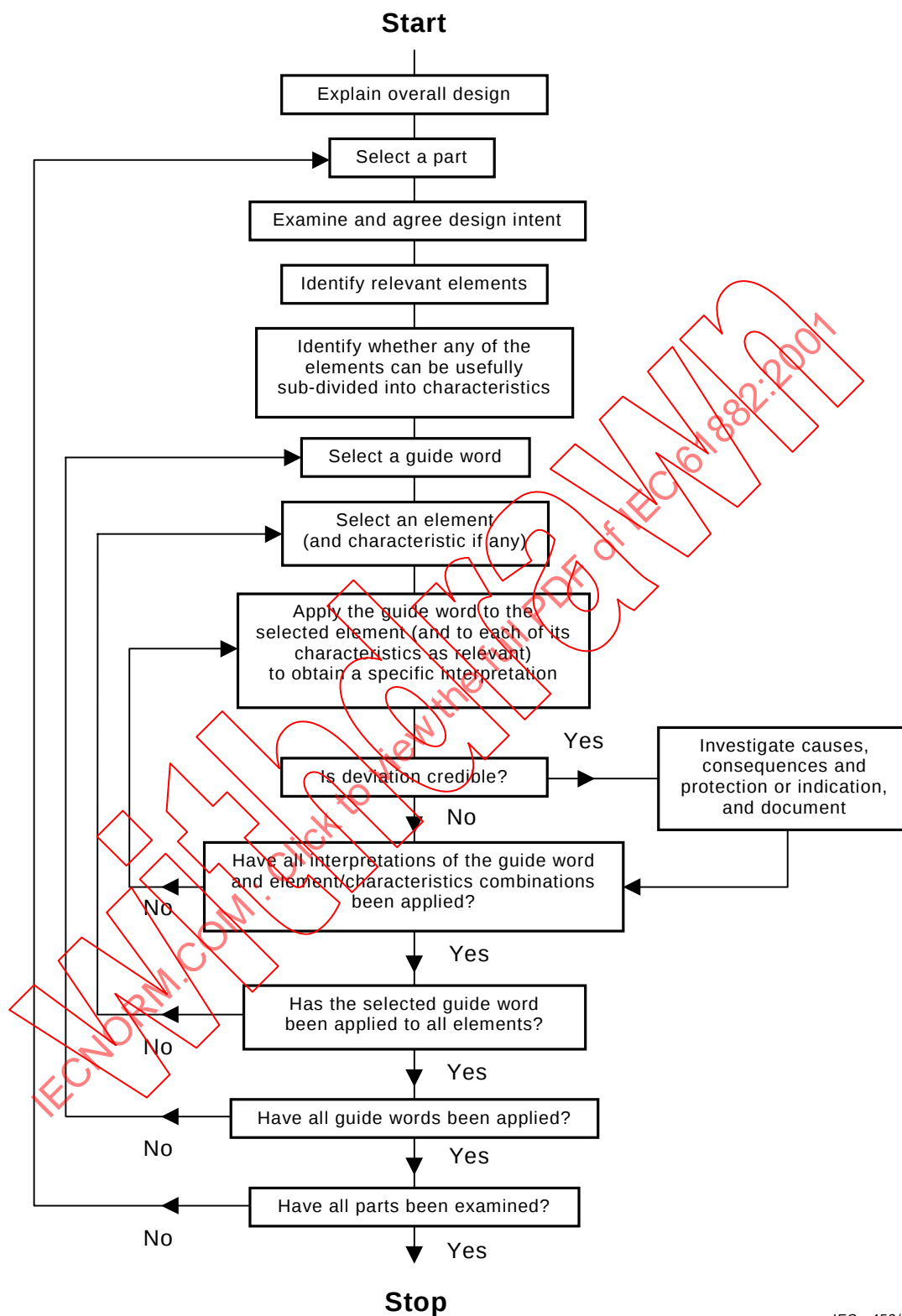


Figure 2b – Flow chart of the HAZOP examination procedure – Guide word first sequence

6.6 Documentation

6.6.1 Généralités

L'intérêt de la méthode HAZOP réside principalement dans le fait qu'elle offre une approche systématique, disciplinée et documentée. Pour tirer tout le profit possible d'une étude HAZOP, il faut une documentation et un suivi corrects. Le chef d'étude est chargé de s'assurer de l'établissement de comptes-rendus après chaque réunion. Il convient que le rapporteur ait des connaissances techniques d'un bon niveau en ce qui concerne le sujet à l'étude, des aptitudes linguistiques, et une bonne capacité d'écoute et de saisie des détails. Les diverses méthodes de compte-rendu sont présentées en annexe A.

6.6.2 Types de comptes-rendus

Il existe deux types principaux de comptes-rendus HAZOP: le compte-rendu intégral et le compte-rendu par exception. Il convient de choisir la méthode de compte-rendu avant chaque session et d'en aviser le rapporteur.

- Le compte-rendu intégral consiste à rendre compte de tous les résultats de l'application de chacune des combinaisons mot-guide – élément/caractéristiques à chaque partie ou élément du plan de conception. Cette méthode, bien que lourde dans son application, fournit les preuves que l'étude a été effectuée de manière approfondie et a toutes les chances de répondre aux exigences des audits les plus sévères.
- Le compte-rendu par exception consiste à n'enregistrer que les dangers et les problèmes d'exploitabilité identifiés, ainsi que les mesures de suivi. Cette méthode de compte-rendu permet une gestion plus facile de la documentation. Cependant, elle ne rend pas compte de la profondeur de l'étude et est, par conséquent, moins utile pour les audits. Elle peut aussi conduire à des reprises du même sujet dans des études ultérieures. Le compte-rendu par exception correspond donc à une exigence minimale et il convient de l'utiliser avec prudence.

Il convient que la décision relative à la forme de compte-rendu à adopter repose sur les facteurs suivants:

- exigences réglementaires;
- obligations contractuelles;
- stratégie globale de l'entreprise;
- besoins de traçabilité et de contrôle;
- importance des risques posés par le système concerné;
- temps et moyens disponibles.

6.6.3 Résultats de l'étude

Il convient qu'une étude HAZOP aboutisse au moins aux résultats suivants:

- des détails sur les dangers et problèmes d'exploitabilité identifiés, ainsi que des détails sur les dispositions prises, le cas échéant, pour leur détection et/ou leur atténuation;
- des recommandations d'études plus poussées sur des aspects particuliers de la conception utilisant différentes techniques, si nécessaire;
- les mesures nécessaires pour résoudre des incertitudes découvertes au cours de l'étude;
- des recommandations pour l'atténuation des problèmes identifiés, basées sur la connaissance que l'équipe a du système (si ceci entre dans le cadre de l'étude);
- des notes attirant l'attention sur des points particuliers à résoudre dans les procédures d'exploitation et de maintenance;
- une liste des membres de l'équipe pour chaque session;

6.6 Documentation

6.6.1 General

The primary strength of HAZOP is that it presents a systematic, disciplined and documented approach. To achieve full benefits from a HAZOP study, it has to be properly documented and followed up. The study leader is responsible to ensure that suitable records are produced for each meeting. The recorder should have good technical knowledge of the subject being studied, linguistic skills and good ability to listen and pay attention to details. Various methods of reporting are discussed in annex A.

6.6.2 Styles of recording

There are two basic styles of HAZOP recording: full, and by exception only. The method of recording should be decided before any sessions take place, and the recorder advised accordingly.

- Full recording involves recording of all results of applying each guide word – element/characteristic combination to every part or element on the design representation. This method, though cumbersome, provides the evidence that the study has been thorough and should satisfy the most stringent audit requirements.
- By exception recording involves recording only the identified hazards and operability problems together with the follow-up actions. Recording by exception results in more easily managed documentation. However, it does not document the thoroughness of the study and is therefore less useful for audit purposes. It can also lead to covering the same ground again at some future study. By exception recording is therefore a minimum requirement and should be used with care.

In deciding the form of reporting to be employed, the following factors should be considered:

- regulatory requirements;
- contractual obligations;
- company corporate policy;
- needs for traceability and auditability;
- the magnitude of the risks posed by the system concerned;
- the time and resources available.

6.6.3 Output of the study

The output from a HAZOP study should include the following:

- details of identified hazards and operability problems together with details of any provisions for their detection, and/or mitigation;
- recommendations for any further studies of specific aspects of the design using different techniques, if necessary;
- actions required for addressing uncertainties discovered during the study;
- recommendations for mitigation of the problems identified based on the team's knowledge of the system (if within the scope of the study);
- notes which draw attention to particular points which need to be addressed in the operating and maintenance procedures;
- a list of team members for each session;

- une liste de toutes les parties considérées dans l'analyse, avec le motif de leur exclusion pour celles qui ont été exclues;
- la liste de tous les schémas, spécifications, fiches techniques, rapports, etc., mentionnant les numéros de révision utilisés par l'équipe.

Pour les comptes-rendus «par exception», ces résultats tiendront normalement assez facilement dans les feuilles de travail HAZOP. Pour les comptes-rendus intégraux, les résultats peuvent avoir à être extraits des feuilles de travail de l'étude globale.

6.6.4 Exigences de compte-rendu

Il convient que les informations enregistrées soient conformes aux règles suivantes:

- chaque danger et chaque problème d'exploitabilité doit être enregistré séparément;
- il convient que toutes les sources de danger et tous les problèmes d'exploitabilité, ainsi que leurs causes, soient enregistrés quel que soit le mécanisme de protection ou d'alarme présent dans le système;
- il convient que toute question que l'équipe désire soumettre à l'étude après la réunion soit enregistrée, ainsi que le nom de la personne chargée d'y répondre;
- il convient d'adopter un système de numérotation de manière à identifier de façon unique chaque danger, problème d'exploitabilité, question, recommandation, etc.;
- il convient d'archiver la documentation de l'étude en vue de recherches ultérieures, en fonction des besoins, et d'y faire référence dans le journal des dangers du système (s'il en existe un).

La désignation des destinataires du rapport final est en grande partie dictée par la stratégie interne de l'entreprise ou par des exigences réglementaires mais il convient que la liste des destinataires comprenne le directeur du projet, le chef d'étude et le responsable désigné pour le suivi de la mise en œuvre des actions/recommandations (voir 6.1).

6.6.5 Agrément de la documentation

A la fin de l'étude, il convient que le rapport de l'étude soit rédigé et approuvé par l'équipe. En cas de désaccord, les motifs du désaccord sont consignés.

6.7 Suivi et responsabilité

Les études HAZOP n'ont pas pour but de remettre en question la conception d'un système. Le chef d'étude n'a pas non plus d'ordinaire le pouvoir d'assurer l'application des recommandations de l'équipe d'étude.

Avant la mise en œuvre de tout changement significatif adopté suite aux résultats de l'étude HAZOP, et dès que la documentation révisée est disponible, il convient que le directeur du projet envisage de réunir à nouveau l'équipe HAZOP pour s'assurer qu'aucun nouveau danger ni aucun nouveau problème d'exploitabilité ou de maintenance n'a été introduit.

Dans certains cas, comme indiqué en 6.3, le directeur du projet peut autoriser l'équipe HAZOP à mettre en œuvre les recommandations et à effectuer des changements de conception. Il peut alors être demandé à l'équipe HAZOP d'effectuer les travaux supplémentaires suivants:

- déterminer l'ensemble des problèmes en suspens et réviser la conception ou les procédures d'exploitation et de maintenance;
- vérifier les révisions et changements et les communiquer à la direction du projet en vue de son approbation;
- mener d'autres études HAZOP de révisions, intégrant les interfaces du système.

- a list of all the parts considered in the analysis together with the rationale where any have been excluded;
- listing of all drawings, specifications, data sheets, reports, etc quoting revision numbers used by the team.

With “by exception” recording, these outputs will normally be contained fairly concisely within the HAZOP worksheets. With full recording, the required outputs may need to be “distilled out” from the overall study worksheets.

6.6.4 Reporting requirements

The recorded information should conform to the following:

- every hazard and operating problem should be recorded as a separate item;
- all hazards and operating problems together with their causes should be recorded regardless of any protection or alarm mechanism already existing in the system;
- every question raised by the team for study after the meeting, should be recorded, together with name of a person who is responsible to answer it;
- a numbering system should be adopted to ensure that every hazard, operational problem, question, recommendation, etc. is uniquely identifiable;
- the study documentation should be archived for retrieval, as and when required, and referenced in the hazard log for the system (if such exists).

Precisely who should receive a copy of the final report will be largely dictated by internal company policy or by regulatory requirements but should normally include the project manager, the study leader and the person assigned responsibility for ensuring that follow-up actions/recommendations are implemented (see 6.1).

6.6.5 Signing off the documentation

At the end of the study, the report of the study should be produced and agreed upon by the team. If agreement cannot be reached, reasons should be recorded.

6.7 Follow-up and responsibility

HAZOP studies are not aimed at redesigning a system. Nor is it usual for the study leader to have the authority to ensure that the study team's recommendations are acted upon.

Before any significant changes resulting from the findings of the HAZOP have been implemented, and once the revised documentation is available, the project manager should consider reconvening the HAZOP team to ensure that no new hazards or operability or maintenance problems have been introduced.

In some cases, as indicated in 6.3, the project manager may authorize the HAZOP team to implement the recommendations and carry out design changes. In this case the HAZOP team may be required to do the following additional work:

- agree on outstanding problems and revise the design or the operating and maintenance procedures;
- verify the revisions and changes and communicate them to the project management and receive their approval;
- conduct further HAZOP studies of revisions, including system interfaces.

7 Audit

Le programme et les résultats des études HAZOP peuvent être soumis à des audits internes à l'entreprise ou à des audits de l'administration. Il convient que les critères et les questions à vérifier soient fixés dans les procédures de l'entreprise. Ils peuvent inclure le personnel, les procédures, les préparations, la documentation et le suivi. Il convient également d'inclure un contrôle approfondi des aspects techniques.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61882:2001

7 Audit

The program and results of HAZOP studies may be subjected to internal company or regulatory authority audits. Criteria and issues which may be audited should be defined in the company's procedures. These may include: personnel, procedures, preparations, documentation and follow-up. A thorough check of technical aspects should also be included.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61882:2001

Annexe A (informative)

Méthodes de compte-rendu

A.1 Options de compte-rendu

Il existe différentes options possibles de compte-rendu.

- L'enregistrement manuel sur des formulaires préétablis peut convenir parfaitement, en particulier pour les petites études, sous réserve que les conditions essentielles de lisibilité soient satisfaites.
- Les notes manuscrites d'une réunion HAZOP peuvent être saisies sur traitement de texte après la session pour obtenir un exemplaire d'une qualité propre à l'édition.
- Un ordinateur portable équipé d'un logiciel de traitement de texte standard ou un tableur peuvent être utilisés pendant la session pour produire des feuilles de programmation.
- Des codes logiciels PC spécifiques, de différents niveaux de complexité, peuvent aider à l'enregistrement des résultats HAZOP. L'utilisation d'un logiciel permettant d'afficher les notes de l'examen (avec un rétroprojecteur) au moment de l'enregistrement peut être une autre source d'économie.

A.2 Feuille de programmation HAZOP

Il convient de mettre au point ou d'adopter des feuilles de programmation pour l'enregistrement des résultats des examens et du suivi. Quelle que soit l'option de compte-rendu adoptée, il convient que la feuille de programmation contienne les points essentiels répondant aux exigences particulières dont des exemples sont donnés ci-après. La disposition de la feuille de programmation varie selon qu'elle fait partie d'un programme de compte-rendu manuel ou informatique. Le formulaire rempli manuellement comprend en général un en-tête et des colonnes.

L'en-tête peut contenir les informations suivantes: projet, sujet de l'étude, intention de conception, partie du système soumise à l'examen, membres de l'équipe, plan ou documents examinés, date, numéro de page, etc.

Les en-têtes (titres) des colonnes peuvent avoir comme libellé:

a) pour les colonnes remplies au cours de l'examen:

- 1) numéro de référence;
- 2) élément;
- 3) mot-guide;
- 4) déviation;
- 5) cause;
- 6) conséquences;
- 7) mesures à prendre.

Des informations supplémentaires telles que protections, sévérité, commentaires et hiérarchie du risque peuvent aussi être enregistrées.

Annex A (informative)

Methods of reporting

A.1 Reporting options

Various recording options are available.

- Manual recording on prepared forms can be perfectly adequate, particularly for small studies, provided that the basic needs for legibility are met.
- Manuscript HAZOP notes may be word-processed after the session, to produce suitable quality of copy for issue.
- A portable computer, with standard word-processing or spread-sheet software, may be used to produce the worksheets during the session.
- Specific PC software codes, of various degrees of sophistication may assist in the recording of the HAZOP results. Using a package that enables the notes of the examination to be displayed (by overhead projector) as they are recorded can provide further savings.

A.2 HAZOP worksheet

A worksheet to record the results of examinations and follow-up should be developed or adopted. Regardless of the reporting option adopted, the worksheet should contain the essential features to suit particular requirements, examples of which are given below. The layout of the worksheet will vary depending on whether it is a part of a manual or a computerized reporting program. The manually completed form will normally consist of a header and columns.

The header may contain the following information: project, subject of the study, design intent, part of the system being examined, members of the team, drawing or document being examined, date, page number, etc.

The headings (titles) of the columns may be as follows:

a) for those completed during the examination:

- 1) reference number;
- 2) element;
- 3) guide word;
- 4) deviation;
- 5) cause;
- 6) consequences;
- 7) action required.

Additional information such as safeguards, severity, comments and risk ranking may also be recorded.

b) pour les colonnes remplies au cours du suivi:

- 1) mesures recommandées;
- 2) niveau de priorité et/ou niveau du risque;
- 3) responsabilité des mesures à prendre;
- 4) état;
- 5) commentaires.

NOTE Les colonnes mentionnées aux points 1, 2 et 3 peuvent également être remplies lors des réunions elles-mêmes.

Les comptes-rendus informatiques offrent une plus grande souplesse dans la disposition, une meilleure présentation des informations et une plus grande facilité de préparation, notamment pour les documents suivants:

- feuilles de programmation détaillées;
- comptes-rendus par causes et/ou conséquences;
- rapports de suivi avec responsabilités et états.

Des formulaires de comptes-rendus personnalisés peuvent être facilement mis au point avec les systèmes de traitement de texte disponibles. De plus, il existe plusieurs logiciels sur le marché qui simplifient la tâche d'enregistrement des données et la production des comptes-rendus. Ces logiciels sont très utiles et facilitent le travail du rapporteur. Cependant, certains logiciels essaient également de se substituer au chef d'étude en appliquant une liste de contrôle (checklist) constituée de couples mot-guide « élément/caractéristique au lieu de produire des déviations en appliquant directement les mots-guides aux éléments (et, le cas échéant, aux caractéristiques). Bien que ces logiciels identifient de nombreuses sources de danger et produisent à l'impression un document qui ressemble aux résultats d'étude HAZOP, l'approche n'a pas la rigueur du « système de travail » pour identifier les dangers et ses possibilités d'application au-delà du domaine des unités de procédé continu sont limitées. En particulier, l'utilisation de ces logiciels pour remplacer totalement le chef d'étude doit être déconseillée. L'application aléatoire de listes de contrôle (checklists) ad hoc ne peut pas être considérée comme une étude HAZOP telle que définie dans la présente norme.

A.3 Rapport d'étude HAZOP

Il convient d'établir un rapport final de l'étude HAZOP contenant les chapitres suivants:

- sommaire;
- conclusions;
- domaine d'application et objectifs;
- résultats de l'étude par éléments comme indiqué dans 6.6.3;
- feuilles de programmation HAZOP;
- liste des schémas et de la documentation utilisés dans l'étude;
- références à des études antérieures, bases de données, etc., qui ont été utilisées au cours de l'étude.

b) for those completed during the follow-up:

- 1) recommended action;
- 2) priority/risk ranking;
- 3) responsibility for action;
- 4) status;
- 5) comments.

NOTE The columns mentioned in points 1, 2 and 3 can also be completed at the meetings themselves.

Computerized reporting allows greater flexibility in layout, better presentation of information and ease of preparation of required reports such as:

- detailed worksheets;
- reports by causes and/or consequences;
- follow-up reports with responsibilities and status.

Customized reporting forms can be developed easily using available word processing systems. In addition, several software packages are available on the market, which simplify the task of recording data and generating reports. Such packages are valuable in aiding the task of the recorder. However, some packages also try to take over the role of the study leader by applying a checklist of guide word – element/characteristic pairs as an alternative to generating deviations by applying guide words directly to elements (and, if necessary, characteristics). Whilst these packages will identify many hazards and produce a print-out which resembles the print-out from a HAZOP they lack the rigour of generating hazards from the “work system” and have limited applicability beyond the area of continuous process units. In particular, the use of computer packages to replace the study leader entirely is to be discouraged. The random application of ad hoc checklists cannot be regarded as a HAZOP as defined in this standard.

A.3 HAZOP study report

A final report of the HAZOP study should be prepared and contain the following:

- summary;
- conclusions;
- scope and objectives;
- output of the study itemized as outlined in 6.6.3;
- HAZOP worksheets;
- listing of drawings and documentation used in the study;
- references to previous studies, data bases, etc. that were used in the course of the study.

Annexe B (informative)

Exemples d'études HAZOP

Les exemples contenus dans cette annexe ont pour but de montrer comment les principes de l'examen HAZOP, présentés dans le guide (en particulier en 4.2, 6.4 et 6.5) sont appliqués à une large gamme d'applications dans diverses industries et activités. Il convient cependant de noter que les exemples donnés ont été simplifiés de manière significative dans un but explicatif et n'ont pas pour but de reproduire en détail la complexité technique d'études de cas réels. Il convient également de noter que seule une partie des résultats est donnée.

B.1 Exemple introductif

Cet exemple simplifié a pour but d'initier le lecteur aux fondements de la méthode d'examen HAZOP. Il reprend un exemple donné dans la publication originale sur HAZOP [1]¹.

On considère une unité de transformation simple, telle que représentée à la Figure B.1. Les matériaux A et B sont transférés en continu par une pompe à partir de leurs réservoirs d'approvisionnement respectifs vers le réacteur où ils se combinent et donnent le produit C. On suppose que A doit toujours être supérieur à B dans le réacteur pour éviter un risque d'explosion. Un plan de conception complet comprendrait beaucoup d'autres détails, tels que l'effet de la pression, la température de la réaction et du réactant, l'agitation, le temps de réaction, la compatibilité des pompes A et B, etc., mais pour les besoins de cet exemple simple, utilisé à titre d'illustration, on les ignorera. La partie de l'usine examinée est présentée en gras.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Annex B (informative)

Examples of HAZOP

The purpose of the examples contained in this annex is to illustrate how the principles of HAZOP examination, outlined in the guide (particularly in 4.2, 6.4 and 6.5) are applied to a range of applications encompassing various industries and activities. It should be noted however that the examples have been simplified significantly for illustrative purposes and do not purport in any way to reproduce all the detailed technical complexity of real case studies. It should also be noted that only sample outputs are provided.

B.1 Introductory example

The purpose of this example is to introduce the reader to the basics of the HAZOP examination method. The example is adopted from one given in the original publication on HAZOP [1]¹.

Consider a simple process plant, shown in Figure B.1. Materials A and B are continuously transferred by pump from their respective supply tanks to combine and form a product C in the reactor. Suppose that A always has to be in excess of B in the reactor to avoid an explosion hazard. A full design representation would include many other details such as the effect of pressure, reaction and reactant temperature, agitation, reaction time, compatibility of pumps A and B, etc. but for the purposes of this simple illustrative example they will be ignored. The part of the plant being examined is shown in bold.

¹ The figures in brackets refer to the Bibliography.

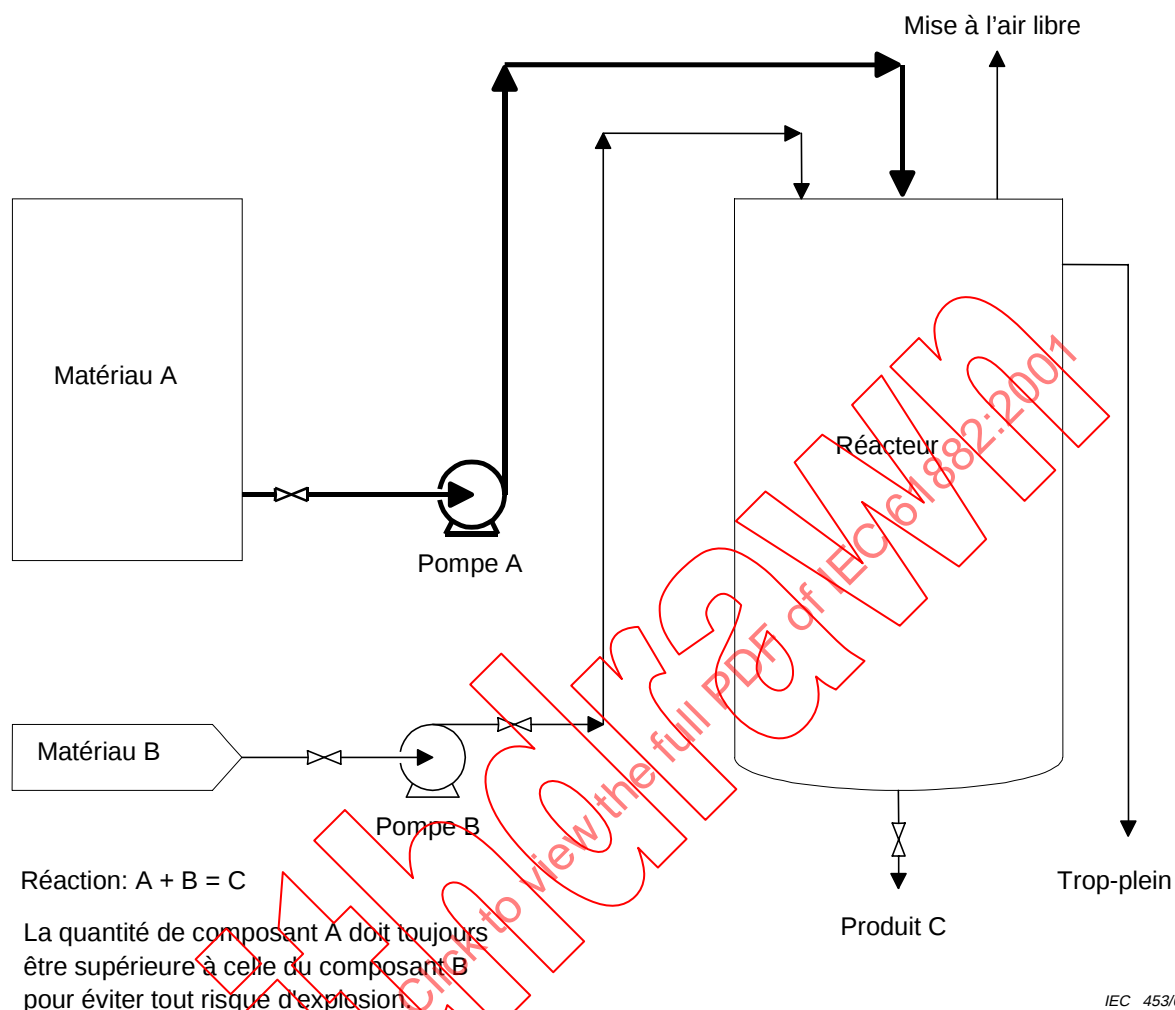
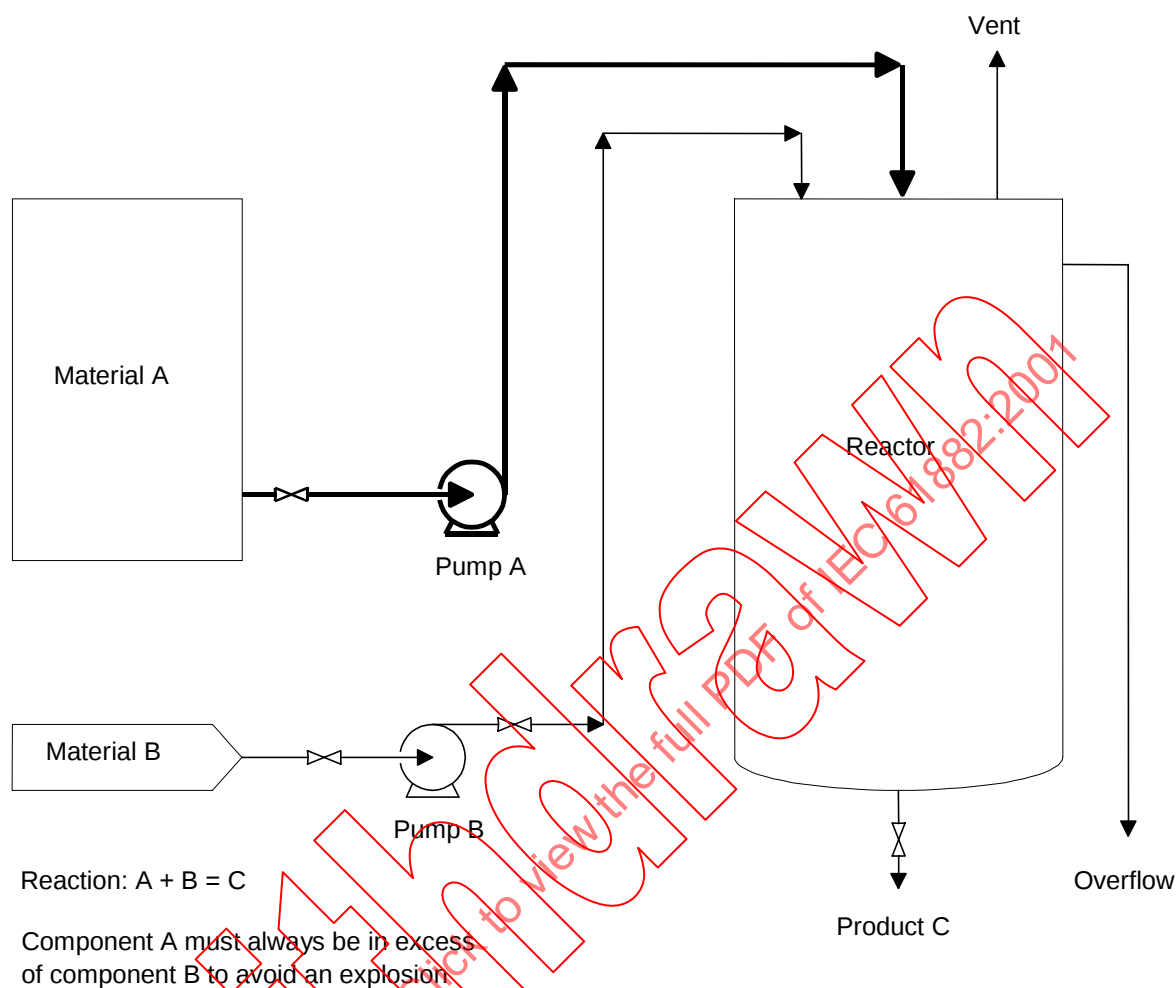


Figure B.1 – Schéma de circulation simple

La partie du système retenue pour l'examen est le conduit allant du réservoir d'approvisionnement qui contient A au réacteur, y compris la pompe A. L'intention de conception pour cette partie est de transférer en continu le matériau A du réservoir vers le réacteur à un débit supérieur à celui du matériau B. En partant des éléments suggérés en 4.2, on obtient l'intention de conception représentée ci-dessous:

Matériau	Activité	Source	Destination
A	Transfert (à un débit >B)	Réservoir pour A	Réacteur

On applique ensuite chacun des mots-guides indiqués dans le Tableau 3 (ainsi que ceux qui ont pu être proposés au cours des travaux préparatoires, voir 6.4) tour à tour à chacun de ces éléments, et on consigne les résultats sur des feuilles de programmation HAZOP. Le Tableau B.1 donne des exemples de résultats HAZOP possibles pour les éléments «matériau» et «activité», la méthode de compte-rendu «par exception» étant utilisée et seules les déviations significatives étant consignées. Après l'examen de chacun des mots-guides pour chacun des éléments concernés dans cette partie du système, une autre partie (par exemple le conduit de transfert du matériau B) est sélectionnée et le processus répété. Finalement, toutes les parties du système sont examinées de la même manière et les résultats consignés.



IEC 453/01

Figure B.1 – Simple flow sheet

The part of the system selected for examination is the line from the supply tank holding A to the reactor, including pump A. The design intent for this part is to continuously transfer material A from the tank to the reactor at a rate greater than the transfer rate of material B. In terms of the elements suggested in 4.2, the design intent is given in the header:

Material	Activity	Source	Destination
A	Transfer (at a rate >B)	Tank for A	Reactor

Each of the guide words indicated in Table 3 (plus any others agreed as appropriate during the preparatory work, see 6.4) is then applied to each of these elements in turn and the results recorded on HAZOP worksheets. Examples of possible HAZOP outputs for the “material” and “activity” elements are indicated in Table B.1, where the “by exception” style of reporting is utilized and only meaningful deviations are recorded. Having examined each of the guide words for each of the elements relevant to this part of the system, another part (say the transfer line for material B) would be selected and the process repeated. Eventually all parts of the system would be examined in this manner and the results recorded.

Tableau B.1 – Feuille de programmation HAZOP pour un exemple introductif

TITRE DE L'ÉTUDE: EXEMPLE DE PROCÉDÉ				FEUILLE: 1 de 4					
N° du dessin				N° DE RÉVISION:					
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE:				DATE: 17 décembre 1998					
PARTIE CONSIDÉRÉE:				DATE DE LA RÉUNION: 15 décembre 1998					
INTENTION DE CONCEPTION:				Activité: Transférer en continu à un débit supérieur à B					
				Destination: Réacteur					
N°	Mot-guide	Élément	Déviations	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsables mesures
1	NE PAS FAIRE	Matériau A	Absence du matériau A	Réservoir d'approvisionnement A vide	Pas d'écoulement de A dans le réacteur Explosion	Aucune apparente	Situation inacceptable	Prévoir l'installation sur le réservoir A d'une alarme de niveau bas, ainsi que d'un déclencheur à seuil bas pour arrêter la pompe B	MG
2	NE PAS FAIRE	Transférer A (à un débit >B)	Aucun transfert de A n'a lieu	Pompe A arrêtée, conduit obstrué	Explosion	Aucune apparente	Situation inacceptable	Mesurage du débit du matériau A, ainsi qu'une alarme de niveau bas, et un déclencheur de la pompe B en cas d'écoulement faible	JK
3	PLUS	Matériau A	Plus de matériau A: réservoir d'approvisionnement trop plein	Remplissage du réservoir à partir du camion-citerne alors que la capacité est insuffisante	Le réservoir va dépasser la limite de remplissage	Aucune apparente	Remarque: Ceci aurait dû être identifié durant l'examen du réservoir	Prévoir une alarme de niveau haut si non identifié précédemment	EK

Table B.1 – Example HAZOP worksheet for introductory example

STUDY TITLE: PROCESS EXAMPLE				SHEET: 1 of 4					
Drawing No.:				REV. No.:					
TEAM COMPOSITION:				DATE: December 17, 1998					
PART CONSIDERED:				MEETING DATE: December 15, 1998					
DESIGN INTENT:				Transfer continuously at a rate greater than B					
				Activity: A					
				Destination: Reactor					
				Material: Tank for A					
				Source: Tank for A					
No.	Guide word	Element	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
1	NO	Material A	No Material A	Supply Tank A is empty	No flow of A into reactor Explosion	None shown	Situation not acceptable	Consider installation on tank A of a low-level alarm plus a low/low-level trip to stop pump B	MG
2	NO	Transfer A (at a rate >B)	No transfer of A takes place	Pump A stopped, line blocked	Explosion	None shown	Situation not acceptable	Measurement of flow rate for material A plus a low flow alarm and a low flow which trips pump B	JK
3	MORE	Material A	More material A: supply tank over full	Filling of tank from tanker when insufficient capacity exists	Tank will overflow into bounded area	None shown	Remark: This would have been identified during examination of the tank	Consider high-level alarm if not previously identified	EK

Tableau B.1 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: EXEMPLE DE PROCÉDÉ				FEUILLE: 2 de 4					
N° du dessin				N° DE REVISION:					
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE:				LB, DH, EK, NE, MG, JK					
PARTIE CONSIDÉRÉE:				Conduit de transfert du réservoir d'approvisionnement A au réacteur					
INTENTION DE CONCEPTION:				Activité: Transférer en continu à un débit supérieur à B					
				Matériau: A					
				Source: Réservoir pour A					
				Destination: Réacteur					
N°	Mot-guide	Élément	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesures
4	PLUS	Transférer A	Excès de transfert Augmentation du débit de A	Dimensionnement incorrect de la pompe Installation d'une mauvaise pompe	Réduction possible du rendement Le produit contiendra beaucoup trop de A	Néant		Vérifier les débits et les caractéristiques de la pompe pendant la mise en service Revoir la procédure de mise en service	JK
5	MOINS	Matériau A	Moins de matériau A	Niveau bas dans le réservoir	Tête d'aspiration positive nette inadéquate Turbulences possibles et risque d'explosion Flux inadéquat	Néant	Inacceptable Idem 1	Alarme niveau bas dans le réservoir Idem 1	MG
6	MOINS	Transférer A (à un débit >B)	Diminution du débit de A	Conduit partiellement obstrué, fuite, pompe non performante, etc.	Explosion	Aucune apparente	Inacceptable Idem 2	Idem 2	JK

Table B.1 (continued)

STUDY TITLE: PROCESS EXAMPLE						SHEET: 2 of 4					
Drawing No.:						REV. No.:	DATE: December 17, 1998				
TEAM COMPOSITION:						LB, DH / EK, NE, MG, JK			MEETING DATE: December 15, 1998		
PART CONSIDERED:						Transfer line from supply tank A to reactor					
DESIGN INTENT:						Material: A	Activity: Transfer continuously at a rate greater than B				
						Source: Tank for A	Destination: Reactor				
No.	Guide word	Element	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to		
4	MORE	Transfer A	More transfer Increased flow rate of A	Wrong size impeller Wrong pump fitted	Possible reduction in yield Product will contain large excess A	None		Check pump flows and characteristics during commissioning Revise the commissioning procedure	JK		
5	LESS	Material A	Less A	Low level in tank	Inadequate net positive suction head Possible vortexing and leading to an explosion	None	Unacceptable Same as 1	Low-level alarm in tank Same as 1	MG		
6	LESS	Transfer A. (at rate >B)	Reduced flow rate of A	Line partially blocked, leakage, pump under-performing, etc.	Explosion	None shown	Not acceptable	Same as 2	JK		

Tableau B.1 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: EXEMPLE DE PROCÉDÉ				FEUILLE: 3 de 4						
N° du dessin:				N° DE RÉVISION:						
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE:				DATE: 17 décembre 1998						
PARTIE CONSIDÉRÉE:				DATE DE LA RÉUNION: 15 décembre 1998						
INTENTION DE CONCEPTION:				Activité: Transférer en continu à un débit supérieur à B						
				Destination: Réacteur						
N°	Mot-guide	Élément	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesures	
7	EN PLUS DE	Matériau A	En plus de A, un autre fluide est également présent dans le réservoir d'approvisionnement	Approvisionnement du réservoir contaminé	Inconnues	Vérification et analyse du contenu de tous les camions-citernes avant déchargement dans le réservoir	Jugé acceptable	Vérifier la procédure de fonctionnement	LB	
8	EN PLUS DE	Transférer A	En plus du transfert de A, quelque chose se passe: corrosion, érosion, cristallisation ou décomposition	Il conviendrait d'examiner le risque potentiel pour chacun des éléments à la lumière de détails plus spécifiques						NE
9	EN PLUS DE	Réacteur de destination	En plus de la destination du réacteur Fuites externes	Fuites dans le conduit, la vanne ou la bague d'étanchéité	Contamination de l'environnement Risque d'explosion	Utilisation d'un code ou d'une norme agréée pour les canalisations	Acceptation qualifiée	Positionner le détecteur d'écoulement pour le déclenchement aussi près que possible du réacteur	DH	

Table B.1 (continued)

STUDY TITLE: PROCESS EXAMPLE							SHEET: 3 of 4			
Drawing No.:							REV. No.:			
TEAM COMPOSITION:							LB, DH, EK, NE, MG, JK			
PART CONSIDERED:							Transfer line from supply tank A to reactor			
DESIGN INTENT:							Transfer continuously at a rate greater than B			
Material: A							Activity: A			
Source: Tank for A							Destination: Reactor			
No.	Guide word	Element	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to	
7	AS WELL AS	Material A	As well as A there is other fluid material also present in the supply tank	Contaminated supply to tank	Not known	Contents of all tankers checked and analysed prior to discharge into tank	Considered acceptable	Check operating procedure	LB	
8	AS WELL AS	Transfer A	As well as transferring A, something else happens such as corrosion, erosion, crystallization or decomposition	The potential for each would need to be considered in the light of more specific details						NE
9	AS WELL AS	Destination reactor	As well as to reactor External leaks	Line, valve or gland leaks	Environmental contamination Possible explosion	Use of accepted piping code/standard	Qualified acceptance	Locate flow sensor for trip as close as possible to the reactor	DH	

Tableau B.1 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: EXEMPLE DE PROCÉDÉ				FEUILLE: 4 de 4					
N° du dessin:				N° DE RÉVISION:					
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE:				DATE: 17 décembre 1998					
PARTIE CONSIDÉRÉE:				DATE DE LA RÉUNION: 15 décembre 1998					
INTENTION DE CONCEPTION:				Conduit de transfert du réservoir d'approvisionnement A au réacteur					
				Matériau: A					
				Source: Réservoir pour A					
				Destination: Réacteur					
				Activité: Transférer en continu à un débit supérieur à B					
N°	Mot-guide	Élément	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesures
10	INVERSE	Transférer A	Inversion de la direction de l'écoulement Le matériel circule du réacteur vers le réservoir d'approvisionnement	Pression dans le réacteur supérieure à la pression d'évacuation de la pompe	Contamination du réservoir d'approvisionnement par reflux du matériel de réaction	Aucune apparente	Position insatisfaisante	Prévoir l'installation d'un clapet de retenue dans le conduit	MG
11	AUTRE QUE	Matériau A	Autre que A Matériau autre que A dans le réservoir d'approvisionnement	Mauvais matériau dans le réservoir d'approvisionnement	Inconnues Dépendent du matériau	Contrôle et analyse de la nature du contenu du camion-citerne avant déchargement	Position acceptable		
12	AUTRE QUE	Réacteur de destination	Fuite externe Rien n'arrive au réacteur	Rupture du conduit	Contamination de l'environnement et risque d'explosion	Intégrité des canalisations	Vérifier la conception des canalisations	Spécifier que le détecteur d'écoulement proposé est suffisamment rapide au déclenchement pour éviter une explosion	MG

Table B.1 (continued)

STUDY TITLE: PROCESS EXAMPLE					SHEET: 4 of 4				
Drawing No.:			REV. No.:		DATE: December 17, 1998				
TEAM COMPOSITION:			LB, DH, EK, NE, MG, JK		MEETING DATE: December 15, 1998				
PART CONSIDERED:			Transfer line from supply tank A to reactor						
DESIGN INTENT:			Transfer continuously at a rate greater than B						
			Material: A		Activity: A				
			Source: Tank for A		Destination: Reactor				
No.	Guide word	Element	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
10	REVERSE	Transfer A	Reverse direction of flow Material flows from reactor to supply tank	Pressure in reactor higher than pump discharge pressure	Back contamination of supply tank with reaction material	None shown	Position not satisfactory	Consider installing a non-return valve in the line	MG
11	OTHER THAN	Material A	Other than A Material other than A in supply tank	Wrong material in supply tank	Unknown Would depend on material	Tanker contents identity checked and analysed prior to discharge	Position acceptable		
12	OTHER THAN	Destination reactor	External leak Nothing reaches reactor	Line fracture	Environmental contamination and possible explosion	Integrity of piping	Check piping design	Specify that proposed flow trip should have a sufficiently rapid response to prevent an explosion	MG

B.2 Procédures

On considère un petit processus de fabrication par lots pour la fabrication d'un composant en plastique critique pour la sécurité. Le composant doit respecter des spécifications strictes tant du point de vue des propriétés du matériau que de sa couleur. La séquence de traitement est la suivante:

- a) prendre 12 kg de poudre «A»;
- b) la placer dans un mélangeur;
- c) prendre 3 kg de poudre colorante «B»;
- d) la placer dans le mélangeur;
- e) mettre le mélangeur en route;
- f) mélanger pendant 15 min et arrêter le mélangeur;
- g) retirer le mélange du mélangeur et ranger dans trois sacs de 5 kg;
- h) rincer le mélangeur;
- i) ajouter 50 l de résine au récipient mélangeur;
- j) ajouter 0,5 kg de durcisseur au récipient mélangeur;
- k) ajouter 5 kg de poudre mélangée («A» et «B»);
- l) remuer pendant 1 min;
- m) verser le mélange dans des moules dans les 5 min qui suivent.

On effectue une étude HAZOP pour examiner comment un matériau d'une qualité inférieure à celles spécifiées peut être produit. Pour les séquences de la procédure, on suit les instructions concernant les parties examinées durant le processus HAZOP. Des extraits d'une étude HAZOP de la séquence sont donnés dans le Tableau B.2. Le système de compte-rendu «par exception» a été utilisé.

B.2 Procedures

Consider a small batch process for the manufacture of a safety critical plastic component. The component has to meet a tight specification in terms both of its material properties and its colour. The processing sequence is as follows:

- a) take 12 kg of powder “A”;
- b) place in blender;
- c) take 3 kg of colorant powder “B”;
- d) place in blender;
- e) start blender;
- f) mix for 15 min; stop blender;
- g) remove blended mixture into 3×5 kg bags;
- h) wash out blender;
- i) add 50 l of resin to mixing vessel;
- j) add 0,5 kg of hardener to mixing vessel;
- k) add 5 kg of mixed powder (“A” and “B”);
- l) stir for 1 min;
- m) pour mixture into moulds within 5 min.

A HAZOP study is carried out to examine ways in which below-specification material might be produced. As a procedural sequence, the parts under examination during the HAZOP process are the relevant sequential instructions. Extracts from a HAZOP study of the sequence are given in Table B.2. A “by exception” reporting system has been employed.

Tableau B.2 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour les procédures

TITRE DE L'ÉTUDE: PROCÉDURES							FEUILLE: 1 de 3		
TITRE DE LA PROCÉDURE: FABRICATION À PETITE ÉCHELLE DU COMPOSANT X							N° DE REVISION:		
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE: BK, JS, LE, PA							DATE:		
PARTIE CONSIDÉRÉE: INSTRUCTION 1: PRENDRE 12 kg de POUDRE «A»							DATE DE LA RÉUNION:		
N°	Elément	Mot-guide	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesures
1	Prendre poudre A	NE PAS FAIRE	Ne pas prendre «A»	Erreur de l'opérateur	Le matériau final ne prend pas.	Il convient que l'opérateur voit que la masse dans le mélangeur est insuffisante et que la couleur est beaucoup trop brillante	L'absence complète de charge de matériau «A» n'est pas jugée crédible	Néant	
2	Prendre poudre A	EN PLUS DE	Un matériau supplémentaire est ajouté avec «A»	Le matériau «A» contient des impuretés	La spécification de couleur peut ne pas être remplie. Le mélange final peut ne pas prendre correctement	Les échantillons de toutes les livraisons de «A» sont essayés avant utilisation		Contrôler les procédures d'assurance qualité auprès des fabricants	BK
3	Prendre poudre A	AUTRE QUE	Prise d'un matériau autre que «A»	L'opérateur utilise un sac du mauvais matériau	Le mélange ne peut pas être utilisé. Perte financière	Seuls les sacs de «A», «B» et de mélange doivent être gardés à proximité du mélangeur		Contrôler les normes de gestion interne chaque semaine. Envisager l'utilisation de sacs de couleur différente pour chaque matière première et mélange	BK
4	Prendre 12 kg	PLUS	Trop de «A» pris	Erreur de pesée/Erreur de l'opérateur	La spécification de couleur ne sera pas remplie	Contrôle hebdomadaire de la méthode de pesée. Entretien de la balance tous les 6 mois		JS doit insister auprès des opérateurs sur la nécessité d'une pesée précise	JS
5	Prendre 12 kg	MOINS	Trop peu de «A» pris	Erreur de pesée/Erreur de l'opérateur	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus		Comme ci-dessus	JS

Table B.2 – Example HAZOP worksheet for procedures example

STUDY TITLE: PROCEDURES							SHEET: 1 of 3		
PROCEDURE TITLE: SMALL SCALE MANUFACTURE OF COMPONENT X							REVISION No.:		
TEAM COMPOSITION: BK, JS, LE, PA							DATE:		
							MEETING DATE:		
PART CONSIDERED:									
INSTRUCTION 1: TAKE 12 kg of POWDER 'A'									
No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
1	Take powder A	NO	No 'A' taken	Operator error	Final material will not set	Operator should see mass in blender is much too small. Colour would also be far too bright	Complete absence of material 'A' charge not considered credible	None	
2	Take powder A	AS WELL AS	Additional material is added with 'A'	Material 'A' is contaminated with impurities	Colour specification may not be met. Final mix may not set properly	Sample from all deliveries of 'A' are tested prior to use		Check quality assurance procedures at manufacturer's	BK
3	Take powder A	OTHER THAN	Material other than 'A' is taken	Operator uses a bag of wrong material	Mix cannot be used. Financial loss	Only bags of 'A', 'B' and blend to be kept in blender area		Check house-keeping standards on a weekly basis. Consider having uniquely colored bags for each raw material and blended product	BK
4	Take 12 kg	MORE	Too much 'A' taken	Faulty weighing/Operator error	Colour specification will not be met	Check weighing carried out weekly. Weighing machine serviced every 6 months		JS to emphasize to operators the need for accurate weighing	JS
5	Take 12 kg	LESS	Too little 'A' taken	Faulty weighing/Operator error	As above	As above		As above	JS

Tableau B.2 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: PROCÉDURES					FEUILLE: 2 de 3				
TITRE DE LA PROCÉDURE: FABRICATION À PETITE ÉCHELLE DU COMPOSANT X					N° DE RÉVISION:				
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE: BK, JS, LE, PA					DATE:				
PARTIE CONSIDÉRÉE:					DATE DE LA RÉUNION:				
INSTRUCTION 1: PLACER DANS LE MÉLANGEUR									
N°	Elément	Mot-guide	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesure
6	Mélangeur	AUTRE QUE	Le matériau «A» n'est pas dans le bon mélangeur	Erreur de l'opérateur		Il n'y a en général qu'un seul mélangeur		Revoir la position s'il existe des propositions d'installation de mélangeurs supplémentaires	BK
7	Ajouter durcisseur	NE PAS FAIRE	Pas de durcisseur ajouté	Erreur de l'opérateur	Le mélange ne va pas prendre correctement Perte financière	L'opérateur doit signer la feuille du lot pour confirmer que le durcisseur a été ajouté. Essai en moule de la résistance du produit final		Revoir le taux d'erreur pour voir si des protections supplémentaires sont nécessaires	BK
8	Ajouter durcisseur	EN PLUS DE	Matériau supplémentaire ajouté avec le durcisseur	Durcisseur contaminé avec des impuretés	Il est possible que le mélange ne soit pas utilisable	Assurance qualité garantie par le fournisseur. Essai d'échantillons de toutes les livraisons		Néant	
9	Ajouter durcisseur	AUTRE QUE	Ajout d'un matériau autre que le durcisseur		Le mélange n'est pas utilisable	Séparation physique des différents durcisseurs. Contrôles de l'opérateur	Si la proposition de commander des sacs de durcisseur pré-pesés est retenue, les risques d'erreur de mélange sont encore réduits	Attendre la solution du problème du durcisseur. Effectuer une enquête et un contrôle des achats	JS

Table B.2 (continued)

STUDY TITLE: PROCEDURES					SHEET: 2 of 3				
PROCEDURE TITLE: SMALL SCALE MANUFACTURE OF COMPONENT X					REVISION No:				
TEAM COMPOSITION: BK, JS, LE, PA					DATE:				
PART CONSIDERED:					MEETING DATE:				
INSTRUCTION 2: PLACE IN BLENDER									
No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
6	Blender	OTHER THAN	Material 'A' is placed other than in the correct blender	Operator error		There is currently only one blender		Review the position if there are proposals to fit additional blenders	BK
7	Add hardener	NO	No hardener is added	Operator error	Final mix will not set properly Financial loss	Operator has to sign batch sheet confirming hardener has been added. Mold testing of strength of final item		Review error rate to see if additional safeguards are required	BK
8	Add hardener	AS WELL AS	Additional material is added with hardener	Hardener is contaminated with impurities	Final mix may not be usable	Quality assurance guarantees from supplier Sample testing on all deliveries		None	
9	Add hardener	OTHER THAN	Material other than hardener is added		Final mix will not be usable	Physical segregation of different hardeners Operator checks	If proposal to order pre-weighed, bags of hardener is adopted, scope for mix-up is further reduced	Await outcome of hardener. Purchasing enquiry and review	JS

Tableau B.2 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: PROCÉDURES				FEUILLE: 3 de 3					
TITRE DE LA PROCÉDURE: FABRICATION À PETITE ÉCHELLE DU COMPOSANT X			N° DE RÉVISION:		DATE:				
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE: BK, JS, LE, PA				DATE DE LA RÉUNION:					
PARTIE CONSIDÉRÉE:									
INSTRUCTION 1: PLACER DANS LE MÉLANGEUR									
N°	Elément	Mot-guide	Déviatiion	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesure
10	Ajouter 0,5 kg	PLUS	Trop de durcisseur est ajouté	Erreur de pesee/Le composant sera trop cassant: défaillance catastrophique possible Erreur de l'opérateur		Contrôler le pesage une fois par semaine. Entretienir la balance tous les 6 mois	Protections jugées inadéquates	S'informer sur la possibilité d'obtenir du durcisseur pré-pesé dans des sacs de 0.5 kg. Effectuer des contrôles d'échantillons sur chaque livraison	JS
11	Ajouter 0,5 kg	MOINS	Pas assez de durcisseur	Comme ci-dessus	Le mélange ne prend pas correctement Perte financière	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus	JS

Table B.2 (continued)

STUDY TITLE: PROCEDURES								SHEET: 3 of 3	
PROCEDURE TITLE: SMALL SCALE MANUFACTURE OF COMPONENT X					REVISION No:			DATE:	
TEAM COMPOSITION: BK, JS, LE, PA					MEETING DATE:				
PART CONSIDERED:									
INSTRUCTION 2: PLACE IN BLENDER									
No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
10	Add 0,5 kg	MORE	Too much hardener is added	Faulty weighing Operator error	Component will be too brittle; may fail catastrophically	Weekly check weighing. Weighing machine serviced every 6 months	Safeguards not considered adequate	Investigate possibility of obtaining hardener in pre-weighed 0,5 kg bags. Sample checks on each delivery	JS
11	Add 0,5 kg	LESS	Too little hardener	As above	Final mix will not set properly Financial loss	As above	As above	As above	JS

B.3 Système de protection automatique des trains

Cet article a pour but de donner un petit exemple d'une étude HAZOP typique au niveau du schéma fonctionnel du système pour illustrer certains points de la présente norme. L'exemple se divise en deux parties:

- une brève description du système et un schéma fonctionnel;
- un extrait des feuilles de programmation HAZOP examinant une série de déviations potentielles présentées dans un compte-rendu «par exception» (voir Tableau B.3).

Il convient de noter que la conception du système utilisée dans cet exemple est celle d'un système peu détaillé. La conception et l'extrait des feuilles de programmation HAZOP ne sont que des illustrations et ne proviennent pas d'un système réel. Ils n'ont d'autre but que de montrer le processus et ne prétendent pas être complets.

B.3.1 Application

B.3.1.1 Objet du système

L'application porte sur un équipement à bord d'un train pour la Protection Automatique des Trains (ATP). Cette fonction est mise en œuvre sur beaucoup de rames de métro et sur certains trains de grande ligne. L'ATP surveille la vitesse du train, la compare à la vitesse de sécurité planifiée et déclenche automatiquement un freinage d'urgence en cas de détection de vitesse excessive. Sur tous les systèmes ATP, un équipement est installé à la fois sur le train et sur la voie et les informations sont transférées depuis la voie vers le train. Il existe différents types de systèmes ATP; ils se distinguent par la manière dont ils remplissent les exigences de base.

B.3.1.2 Description du système

A bord du train se trouvent une ou plusieurs antennes qui reçoivent les signaux de la voie donnant des informations sur les vitesses de sécurité ou les arrêts. Ces informations sont traitées avant d'être transférées à un système électronique programmable (PES). Les autres entrées principales du PES sont délivrées par des tachymètres ou d'autres moyens permettant de mesurer la vitesse réelle du train. La principale sortie du PES est un signal qui est transmis à des relais de sécurité, par exemple le signal de commande du freinage d'urgence. La Figure B.2 donne un schéma fonctionnel simple de ce processus.

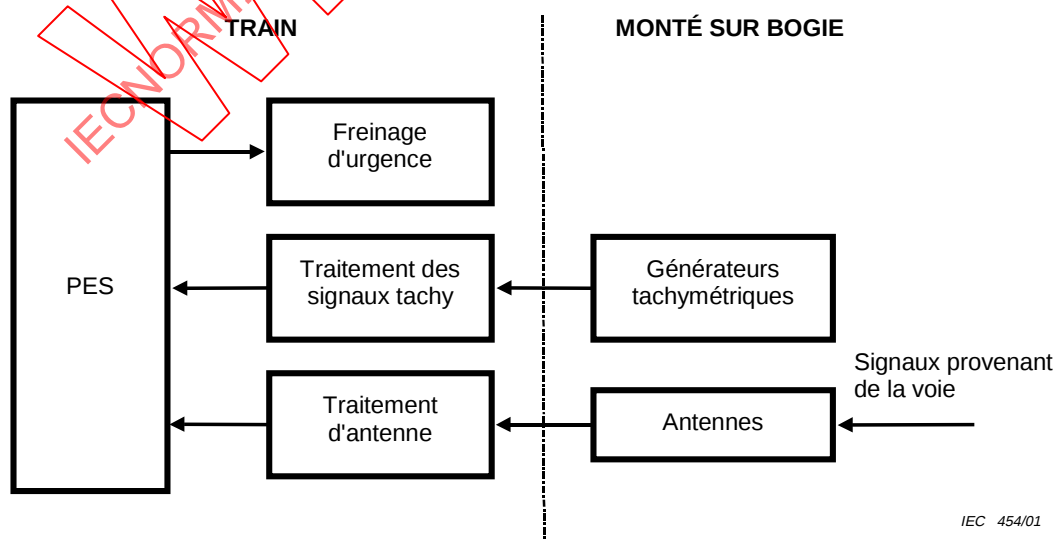


Figure B.2 – Equipement ATP embarqué

B.3 Automatic train protection system

The purpose of this clause is to give a small example of a typical HAZOP study at the System Block Diagram level to illustrate some of the points in this standard. The example will be presented in two sections:

- a brief description of the system and a block diagram;
- sample HAZOP worksheets exploring some of the potential deviations, reported “by exception only” (see Table B.3).

It should be noted that the design used in this example is of a system at a limited level of detail. The design and the sample HAZOP study worksheets are illustrative only and are not taken from a real system. They are included to show the process and are not claimed to be complete.

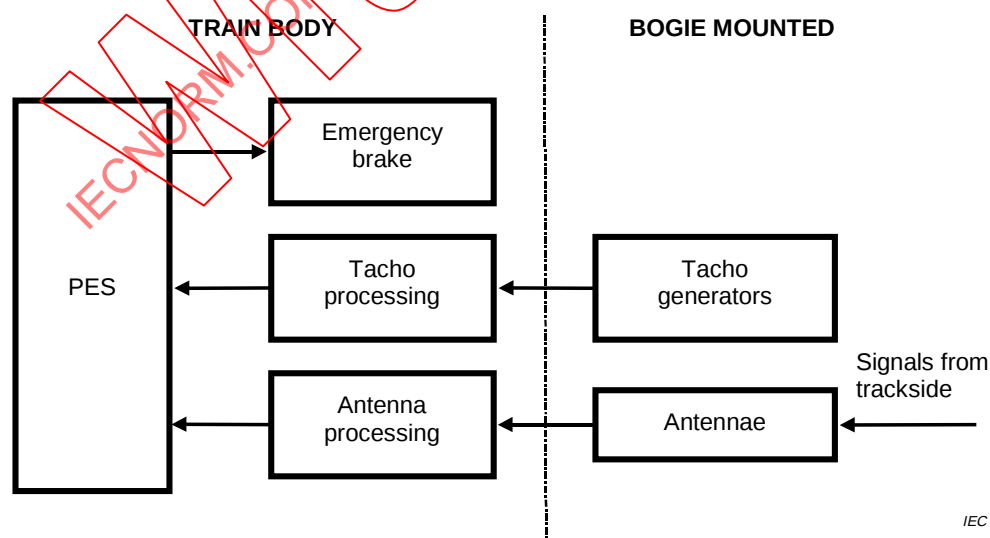
B.3.1 The application

B.3.1.1 System purpose

The application concerns train-carried equipment for Automatic Train Protection (ATP). This is a function implemented on many Metro trains and some mainline trains. ATP monitors the speed of the train, compares that speed with the planned safe speed of the train and automatically initiates emergency braking if an overspeed condition is recognized. On all ATP systems there is equipment on both the train and track-side whereby information is transferred from the track-side to the train. There are many different ATP systems in existence, all differing in the detail of how they fulfil the basic requirement.

B.3.1.2 System description

On board the train there are one or more antennae which receive signals from the trackside equipment giving information on safe speeds or stopping points. This information goes through some processing before being passed to a Programmable Electronic System (PES). The other major input to the PES is from tachometers or other means of measuring the actual speed of the train. The major output of the PES is a signal to safety relays such as the one controlling the emergency brake. Figure B.2 gives a simple block diagram of this.



IEC 454/01

Figure B.2 – Train-carried ATP equipment

Tableau B.3 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour un système de protection automatique des trains

TITRE DE L'ÉTUDE: SYSTÈME DE PROTECTION AUTOMATIQUE DES TRAINS										FEUILLE: 1 de 2	
N° DU DESSIN DE RÉFÉRENCE: SCHÉMA FONCTION DE L'ATP					N° DE RÉVISION: 1					DATE:	
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE: DJ, JB, BA					DATE DE LA RÉUNION:						
PARTIE CONSIDÉRÉE: ENTRÉE DE L'ÉQUIPEMENT DE LA VOIE											
INTENTION DE CONCEPTION: FOURNIR UN SIGNAL AU PÈS PAR LES ANTENNES POUR DONNER DES INFORMATIONS SUR LES VITESSES DE SÉCURITÉ ET LES ARRÊTS											
N°	Élément	Caractéristique	Mot-guide	Déviation	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Responsable mesures	
1	Signal d'entrée	Amplitude	NE PAS FAIRE	Pas de signal détecté	Dérailance de l'émetteur	Etudiées dans une étude séparée de l'équipement de la voie			Revoir les résultats de l'étude de l'équipement de la voie	DJ	
2	Signal d'entrée	Amplitude	PLUS	Plus grand que l'amplitude de la conception	Émetteur monté trop près du rail	Peut endommager l'équipement	Contrôles à effectuer au cours de l'installation		Ajouter le contrôle à la procédure d'installation	DJ	
3	Signal d'entrée	Amplitude	MOINS	Plus petit que l'amplitude de la conception	Émetteur monté trop loin du rail	Absence possible de signal	Comme ci-dessus		Ajouter le contrôle à la procédure d'installation	DJ	
4	Signal d'entrée	Fréquence	AUTRE QUE	Autre fréquence détectée	Réception d'un signal de la voie adjacente	Une valeur erronée est transmise au processeur	Actuellement néant		Vérifier si une mesure doit être prise pour la protection	DJ	
5	Antennes	Position	AUTRE QUE	Antenne ailleurs qu'à l'emplacement correct	Défauts de montage	Pourrait heurter le rail et être détruite	Il convient que le câble fournisse un support secondaire		S'assurer que le câble éloigne les antennes de la voie	JB	
6	Antennes	Tension	PLUS	Tension plus élevée que prévu	Les antennes court-circuitent sur les rails sous tension	Les antennes et autres équipements deviennent électriquement conducteurs			Vérifier s'il y a une protection contre ce phénomène	DJ	

Table B.3 – Example HAZOP worksheet for automatic train protection system

STUDY TITLE: AUTOMATIC TRAIN PROTECTION SYSTEM										SHEET: 1 of 2	
REFERENCE DRAWING No.: ATP BLOCK DIAGRAM										REVISION No.: 1	
TEAM COMPOSITION: DJ, JB, BA										DATE:	
PART CONSIDERED:										MEETING DATE:	
DESIGN INTENT:											
TO PROVIDE SIGNAL TYPES VIA ANTENNAE GIVING INFORMATION ON SAFE SPEEDS AND STOPPING POINTS											
No.	Element	Characteristic	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to	
1	Input signal	Amplitude	NO	No signal detected	Transmitter failure	Considered in separate study of trackside equipment			Review output from trackside equipment study	DJ	
2	Input signal	Amplitude	MORE	Greater than design amplitude	Transmitter mounted too close to rail	May damage equipment	Checks to be carried out during installation		Add check to installation procedure	DJ	
3	Input signal	Amplitude	LESS	Smaller than design amplitude	Transmitter mounted too far from rail	Signal may be missed	As above		Add check to installation procedure	DJ	
4	Input signal	Frequency	OTHER THAN	Different frequency detected	Pick up of a signal from adjacent track	Incorrect value passed to processor	Currently none		Check if action is needed to protect against this	DJ	
5	Antennae	Position	OTHER THAN	Antennae is in other than the correct location	Failure of mountings	Could hit track and be destroyed	Cable should provide secondary support		Ensure that cable will keep antennae clear of track	JB	
6	Antennae	Voltage	MORE	Greater voltage than expected	Antennae short to live rail	Antennae and other equipment become electrically live			Check if there is any protection against this occurring	DJ	

Tableau B.3 (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE: SYSTÈME DE PROTECTION AUTOMATIQUE DES TRAINS					FEUILLE: 2 de 2					
N° DU DESSIN DE RÉFÉRENCE: SCHÉMA FONCTION DE L'ATP			N° DE RÉVISION: 1		DATE:					
COMPOSITION DE L'ÉQUIPE: DJ, JB, BA			DATE DE LA RÉUNION:							
PARTIE CONSIDÉRÉE: ENTRÉE DE L'ÉQUIPEMENT DE LA VOIE										
INTENTION DE CONCEPTION: FOURNIR UN SIGNAL AUX PÈS PAR LES ANTENNES POUR DONNER DES INFORMATIONS SUR LES VITESSES DE SÉCURITÉ ET LES ARRÊTS										
N°	Élément	Caractéristique	Mot-guide	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commen-taires	Mesures à prendre	Respon-sable mesures
7	Antennes	Signal de sortie	AUTRE QUE	Un autre signal est transmis	Réception de signaux parasites sur le câblage adjacent	Possibilité d'action sur le signal incorrect			S'assurer qu'il y a une protection adéquate contre les interférences du câble	JB
8	Tachy-mètre	Vitesse	NE PAS FAIRE	Pas de vitesse mesurée	Verrouillage soudain des roues	Peut indiquer une vitesse nulle			Vérifier s'il existe une protection contre ce phénomène	DJ
9	Tachy-mètre	Vitesse	AUTRE QUE	Vitesse autre que correcte détectée	Débrayage soudain des roues donnant un signal confus	Peut indiquer une vitesse incorrecte			Vérifier s'il existe une protection contre ce phénomène	BA
10	Tachy-mètre	Vitesse	EN PLUS DE	Un grand nombre de vitesses indiquées	Changements soudains dans la sortie causés par la rotation des roues	Peut provoquer une action basée sur une vitesse incorrecte			Vérifier s'il s'agit d'un problème dans la pratique	BA
11	Tachy-mètre	Tension de sortie	NE PAS FAIRE	Pas de sortie	Essieux bloqués	Peut indiquer une vitesse nulle			Vérifier les implications de ce problème	DJ
12	Tachy-mètre	Signal de sortie	EN PLUS DE	Signal de sortie confus	Autres signaux présents	Peut indiquer une vitesse incorrecte			Voir s'il s'agit d'une défaillance crédible	BA

Table B.3 (continued)

STUDY TITLE: AUTOMATIC TRAIN PROTECTION SYSTEM					SHEET: 2 of 2					
REFERENCE DRAWING No.: ATP BLOCK DIAGRAM			REVISION No.: 1							
TEAM COMPOSITION: DJ, JB, BA					DATE:					
PART CONSIDERED:					MEETING DATE:					
DESIGN INTENT:					INPUT FROM TRACKSIDE EQUIPMENT					
TO PROVIDE DATA TO RES VIA ANTENNAE GIVING INFORMATION ON SAFE SPEEDS AND STOPPING POINTS										
No.	Element	Characteristic	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to
7	Antennae	Output signal	OTHER THAN	A different signal is transmitted	Pick-up of stray signals from adjacent cabling	Incorrect signal may be acted upon			Ensure that there is adequate protection from cabling interference	JB
8	Tacho-meter	Speed	NO	No speed is measured	Sudden wheel lock	May show zero speed			Check protection against this	DJ
9	Tacho-meter	Speed	OTHER THAN	Other than correct speed is detected	Sudden release of locked wheels gives confusing signal	May show wrong speed			Check protection against this	BA
10	Tacho-meter	Speed	AS WELL AS	Many speeds indicated	Sudden changes in output caused by wheel spin	May cause action based on wrong speed			Check if this is a problem in practice	BA
11	Tacho-meter	Output voltage	NO	No output	Axles locked	May show zero speed			Check implications of this	DJ
12	Tacho-meter	Output signal	AS WELL AS	Confused output signal	Other signals mixed in	May indicate wrong speed			Investigate whether this is a credible failure	BA

B.4 Exemple avec planification en cas d'urgence

Les organisations font des plans pour traiter par anticipation différentes urgences. Ces urgences peuvent varier de la réaction à une alerte à la bombe à l'évacuation du personnel en cas d'incendie, en passant par l'alimentation en courant de secours. La validité et l'intégrité de ces plans peuvent être testées de différentes manières – le plus souvent, par une sorte de répétition générale. Ces répétitions générales sont très utiles, mais peuvent être coûteuses et, par leur nature même, perturbent le déroulement normal du travail. Heureusement, les urgences réelles qui testent effectivement le système sont rares et de toute façon, même les répétitions générales peuvent ne pas couvrir toutes les éventualités.

Les études HAZOP offrent un moyen relativement économique d'identifier une grande partie des déficiences qui peuvent exister dans un plan d'urgence, et complètent l'expérience acquise lors des répétitions générales, relativement peu fréquentes, ou lorsque l'urgence elle-même, encore plus rare, apparaît.

Sur une plate-forme pétrolière ou gazière en mer, un système efficace doit être mis en place pour l'évacuation et le sauvetage (Escape, Evacuation and Rescue (EER)) en cas d'incidents constituant une menace potentielle pour la vie des personnes. Ce système a pour objectif de prévenir rapidement le personnel de l'existence d'une situation dangereuse, de permettre au personnel de s'acheminer rapidement vers un point de rassemblement sûr, puis d'évacuer la plate-forme, de préférence sans panique, par hélicoptère ou canot de sauvetage, et d'être secouru et amené en lieu sûr. Un système EER efficace constitue un élément primordial du système global d'installation en mer. Un système EER typique comprend généralement un certain nombre d'étapes (éléments) différentes, telles que:

- a) déclenchement de l'alarme générale (General Purpose Alarm (GPA)) par des instruments automatiques, ou manuellement par un opérateur;
- b) communication de la situation à la fois à un vaisseau se tenant à proximité et aux services d'urgence à terre;
- c) acheminement du personnel par des voies d'accès désignées vers le point de rassemblement;
- d) rassemblement avec enregistrement du personnel présent;
- e) distribution de matériel de survie, etc.;
- f) attente de l'alarme PAPA («Prepare to Abandon Platform Alarm» – se préparer à quitter la plate-forme) qui doit être déclenchée par le directeur de l'installation en mer (Offshore Installation Manager (OIM)) ou son représentant;
- g) sortie du personnel, qui s'achemine du point de rassemblement vers le moyen d'évacuation choisi;
- h) évacuation, en général par hélicoptères ou par canots de sauvetage spécialement conçus;
- i) fuite directe par la mer si les moyens d'évacuation prévus ne sont pas disponibles;
- j) sauvetage du personnel évacué par canots ou des personnes qui se sont jetées à la mer, puis acheminement vers un lieu sûr.

B.4 Example involving emergency planning

Organizations make plans to deal with a variety of anticipated emergencies. These emergencies can vary from reaction to a bomb threat, the provision of emergency power supplies or the escape of personnel in the event of a fire. The validity and integrity of these plans can be tested in a variety of ways – typically by some form of rehearsal. Such rehearsals are valuable, but can be expensive and, by their very nature, disrupt normal working. Fortunately, real emergencies which test the system are rare and in any case, even rehearsals may not cover all possibilities.

HAZOP studies offer a relatively inexpensive way of identifying many of the deficiencies which may exist in an emergency plan, in order to supplement the experience obtained by the relatively infrequent rehearsal or the even rarer actual emergency itself.

On an offshore oil and gas platform there needs to be in place effective arrangements for Escape, Evacuation and Rescue (EER) in the event of potentially life-threatening incidents. These arrangements would aim to ensure that personnel are quickly alerted to the existence of a dangerous situation, are able to make their way rapidly to a safe muster point, then evacuate the platform preferably in a controlled manner by helicopter or lifeboat and then be rescued and taken to a place of safety. Effective EER arrangements are an essential part of an overall offshore installation system. Within typical EER arrangements there are usually a number of different stages (elements) such as:

- a) raising the General Purpose Alarm (GPA) by automatic instruments or manually by any operator;
- b) communicating the situation both to the local stand-by vessel and to onshore emergency services;
- c) personnel making their way along designated access routes to the muster point;
- d) mustering involving registration of personnel present;
- e) donning of survival equipment, etc.;
- f) await “Prepare to Abandon Platform Alarm” (PAPA) which has to be initiated by the Offshore Installation Manager (OIM) or his deputy;
- g) egress in which personnel make their way from the muster point to the chosen method of evacuation;
- h) evacuation normally by helicopter or by special forms of lifeboat;
- i) escape directly into the sea if the preferred means of evacuation is not available;
- j) rescue, where either personnel in a lifeboat or those who had escaped directly into the sea would be recovered and taken to a place of safety.

Tableau B.4 – Exemple de feuille de programmation HAZOP pour une planification en cas d'urgence

PARTIE CONSIDÉRÉE: SYSTÈME D'ALARME									
INTENTION DE CONCEPTION: DÉCLANCHER UNE ALARME GÉNÉRALE (GPA)									
ÉLÉMENTS: ENTRÉES: SIGNAL DE DÉCLENCHEMENT ÉNERGIE ÉLECTRIQUE									
PERSONNEL: SOURCES: TOUS LES GÉNÉRATEURS D'ALARMES DESTINATIONS: ENSEMBLE DU PERSONNEL SUR LA PLATE-FORME									
N°	Élément	Mot-guide	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Action par
1	Signal de déclenchement de l'alarme générale et énergie électrique	NE PAS FAIRE	Pas d'entrée	1) Les instruments ou le personnel ne déclenchent pas l'alarme générale 2) le personnel essaie de déclencher l'alarme générale, mais le signal n'atteint pas l'alarme 3) Pas d'énergie électrique	Absence d'alerte du personnel Comme ci-dessus	Néant Duplication des connexions et logique de sécurité intrinsèque c'est-à-dire «Coudrant pour ouvrir, l'essorit pour fermer» Alimentation sans interruption	Improbable mais possible Improbable Comme ci-dessus	Néant	
2		PLUS	Plus d'entrées	1) Fausse alarme 2) Alarme déclenchée à tort	Personnel alerté inutilement Comme ci-dessus	Néant Discipline et règles de bon usage	Possible Improbable	Le déclenchement nécessite-t-il deux boutons? Néant	
3	Entrées	PLUS	Plus d'entrées	Davantage d'énergie électrique	Système d'alarme endommagé	Alimentation spécialisée protégée	Improbable	Néant	
4		MOINS	Moins de déclenchements	Le signal de déclenchement n'atteint que certaines alarmes	Une partie du personnel n'a pas été alerté	Contrôle périodique des alarmes		Néant	

Table B.4 – Example HAZOP worksheet for emergency planning

PART CONSIDERED: ALARM SYSTEM									
DESIGN INTENT: TO SOUND A GENERAL PURPOSE ALARM (GPA)									
ELEMENTS: INITIATION SIGNAL ELECTRICAL ENERGY									
PERSONNEL: ALL ALARM GENERATORS ALL PERSONNEL ON PLATFORM									
SOURCES: DESTINATIONS:									
No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action by
1	GPA Initiation signal and electrical energy	NO	No inputs	1) Instruments or personnel do not initiate GPA 2) Personnel try to initiate GPA, but signal fails to reach alarm	Failure to alert personnel As above	None Duplicated connections and fail safe logic, i.e. "Current to open spring to close"	Unlikely but possible Unlikely	None	
2		MORE	More inputs	1) False alarm 2) Mischief alarm	As above Personnel stressed unnecessarily As above	Uninterruptible power supply None Discipline and code of practice	As above Possible Unlikely	Should initiation require two buttons? None	
3	Inputs	MORE	More inputs	More electrical energy	Damage to alarm system	Dedicated protected power supply	Unlikely	None	
4		LESS	Less initiation	Initiation signal only reaches some alarms	Some personnel not alerted	Routine alarm checks		None	

Tableau B.4 (suite)

N°	Eléments	Mots-guides	Déviations	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Action par
5			Moins d'énergie électrique	Perte de puissance électrique	Possibilité que les alarmes ne retentissent pas	Alimentation dédiée	Improbable	Néant	
6		EN PLUS DE	En plus du déclenchement	L'initiation déclenche d'autres actions		Impossible dans un câblage dédié		Néant	
7			En plus de l'énergie électrique	Energie présente sous une mauvaise forme, par exemple parasites	Possibilité de dommages	Circuit d'alimentation protégé		Néant	
8		PARTIE DE	Partie des entrées	Signal mais pas d'énergie ou énergie mais pas de signal	Personnel non alerté		Déjà considéré ci-dessus		
9		INVERSE	Entrées inversées Energie électrique inversée	Inversion du déclenchement d'alarme Pas de signification constructive			Le système décrit ne comprend pas l'émission d'une remise à zéro générale	Développer un système de remise à zéro générale	
10	Entrées	AUTRE QUE	Autre que les entrées	Multiple	Dépend des entrées	Improbable avec des circuits spécialisés protégés	Peut demander un système «battle proof»	Prévoir un câblage Pyroténax	

Table B.4 (continued)

No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action by
5			Less electrical energy	Some loss of power	Alarms may not sound	Dedicated power supply	Unlikely	None	
6		AS WELL AS	As well as initiation	Initiation triggers other activities		Not possible with dedicated hard-wired circuit		None	
7			As well as electrical energy	Some energy in wrong form, e.g. spikes	Possible damage	Screened supply circuit		None	
8		PART OF	Part of inputs	Signal but no energy or energy but no signal	Personnel not alerted		Already considered above		
9		REVERSE	Reverse inputs Reverse electrical energy	Reverse of alarm initiation No constructive meaning			System as described does not include the sounding of an "all clear"	Develop an "all clear" system	
10	Inputs	OTHER THAN	Other than inputs	Multiple	Depends on inputs	Unlikely with dedicated shielded circuits	May need "battle proof" system	Consider Pyrotech wiring	

Tableau B.4 (suite)

N°	Eléments	Mots-guides	Déviations	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Action par
11	Activités d'émission d'alarme et transmission au personnel	NE PAS FAIRE	Pas d'alarme	Défaillance de la sonorisation Câble endommagé	Personnel non alerté	Système PA double Câblage double Alimentations doubles Haut-parleurs multiples	Improbable	Néant	
12		PLUS	Plus d'alarme	Sonorisation trop puissante	Problèmes d'audits parmi le personnel	La puissance de la sonorisation ne doit pas dépasser le niveau de sécurité		Néant	
13		MOINS	Moins d'alarme	Son trop faible	Une partie du personnel n'a pas été alerté	Néant		S'assurer que le système produit un minimum de 15 dB au-dessus du bruit de fond	
14		EN PLUS DE	En plus de l'alarme et de la transmission	Distorsion de l'alarme, harmoniques ou échos	Le signal émis vers le personnel manque de clarté	Néant		Examiner le besoin d'ingénierie acoustique	
15		PARTIE DE	Seule une partie de l'alarme est transmise	Alarmes mais transmission incorrecte	Pas de signal émis vers le personnel		Comme pour moins d'alarme ci-dessus		
16		INVERSE	Alarme et transmission inversées				Voir commentaires ci-dessus déclenchements inversés et remise à zéro générale		

Table B.4 (continued)

No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action by
11	Activities emit alarm and transmit to personnel	NO	No alarm sounded	Sound equipment failure Cable damage	Personnel not alerted	Dual PA system Dual cabling Dual power supplies Multiple speakers	Unlikely	None	
12		MORE	More alarm	Sound equipment too powerful	Personnel suffer ear damage	Sound equipment rated to not exceed safe level		None	
13		LESS	Less alarm	Sound too weak	Some personnel not alerted	None		Ensure system provides a minimal of 15 dB above background	
14		AS WELL AS	As well as alarm and transmit	Distortion of alarm, overtones or echoes	Lack of clear-cut signal to personnel	None		Investigate need for acoustic engineering	
15		PART OF	Part of alarm transmit	Alarms but transmission inadequate	No signal to personnel		As for less alarm above		
16		REVERSE	Reverse alarm and transmit				See comments above reverse initiations and "all clear"		

Tableau B.4 (suite)

N°	Eléments	Mots-guides	Déviations	Causes possibles	Conséquences	Protections	Commentaires	Mesures à prendre	Action par
17		AUTRE QUE	Autre que émission de l'alarme générale et transmission	Le système déclenche «PAPA» par erreur	Confusion parmi le personnel. Certains peuvent abandonner la plate-forme par erreur	Néant		Revoir la logique de signalisation pour que PAPA ne se déclenche qu'après l'alarme générale	
18		PLUS TOT	Alarme et transmission prématurées	Alarme générale déclenchée avant que la situation ne l'exige	Alarme et interruption du travail inutiles	Néant		Etablir des directives claires pour le personnel de la plate-forme	
19		PLUS TARD	Alarme et transmission tardives	Alarme générale déclenchée après que la situation ne l'exige	Une partie du personnel risque d'être pris au piège ou obligé d'utiliser une alternative et une issue de secours moins souhaitable	Néant		Etablir des directives claires, comme ci-dessus	

Table B.4 (continued)

No.	Element	Guide word	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action by
17		OTHER THAN	Other than emit GPA alarm and transmit	System initiates "PAPA" by mistake	Confusion amongst personnel. Some may abandon platform by mistake	None		Review signal logic so that PAPA can only be sounded after GPA	
18		SOONER	Alarm and transmit sounded too soon	GPA initiated before situation requires this action	Unnecessary alarm and disruption of work	None		Establish clear guidelines for platform personnel	
19		LATER	Alarm and transmit sounded too late	GPA initiation after situation required this action	Some personnel may be trapped or forced to use alternative and less desirable route	None		Clear guidelines as above	

B.5 Système de commande de vanne piézoélectrique

Le système de commande de vanne piézoélectrique (voir la figure simplifiée B.3 ci-dessous) montre comment une étude HAZOP peut être appliquée à un système électronique détaillé.

Une vanne piézoélectrique est une vanne commandée par une céramique piézoélectrique. L'élément céramique est commandé électriquement et s'allonge lorsqu'il est chargé. Lorsqu'elle est chargée, la céramique piézoélectrique ferme la vanne. Lorsqu'elle est déchargée, elle ouvre la vanne. Si la céramique piézoélectrique ne perd pas ou ne gagne pas en charge, l'état de la vanne reste stable.

Le système pulvérise un liquide inflammable et explosif dans un caisson de réacteur (non représenté). L'ensemble du système c'est-à-dire le caisson de réacteur, la tuyauterie, les pompes, etc., fait l'objet d'une étude HAZOP différente. Seule l'application d'une étude HAZOP à une unité électronique est décrite ci-dessous.

L'unité fonctionne suivant un processus à deux états conçu pour fermer la vanne à la demande, «état 1» et à l'ouvrir à la demande, «état 2».

La charge électrique du condensateur C1 est appliquée à travers le transistor T1 au condensateur de couplage C2 et par la ligne d'alimentation à la vanne piézoélectrique pour la fermer. Dans ce cas, le transistor T2 et le transistor de protection T3 sont fermés (résistance élevée).

Le condensateur C2 est déchargé par le transistor T2 pour ouvrir la vanne. Pour éviter un chargement asymétrique de la vanne piézoélectrique, par exemple sous l'effet d'une contrainte mécanique ou thermique, le transistor T4 relie le retour à la terre.

Un blindage électrique autour des fils torsadés du câble empêche les perturbations électromagnétiques d'affecter le fonctionnement de la vanne.

B.5 Piezo valve control system

The piezo valve control system (see simplified Figure B.3) shows how HAZOP can be applied to a detailed electronic system.

A piezo valve is a valve driven by a piezo ceramic. The ceramic element is electrically driven and lengthens itself in the charged state. A charged piezo ceramic closes the valve. A discharged piezo ceramic opens the valve. If the piezo ceramic does not lose or gain charge, the state of the valve is kept.

The system sprays a flammable and explosive liquid into a reaction vessel (not shown). The overall system with reactor vessel, pipes, pumps, etc. is part of a separate HAZOP study. Here only the application of a HAZOP study to an electronic unit is shown.

The operation of the unit is a two-state process designed to close the valve on demand, “state 1”, and open it on demand, “state 2”.

An electrical charge from capacitor C1 is conducted via the transistor T1 to the coupling capacitor C2 and via the power wire to the piezo valve to close it. In this case transistor T2 and the protection transistor T3 are closed (high resistance).

Capacitor C2 is discharged by transistor T2 to open the valve. To prevent asymmetric charging of the piezo valve, for example by mechanical or thermal stress, transistor T4 connects the low side to ground.

An electrical shield around the twisted wires of the cable prevents electro-magnetic influences from effecting the valve.

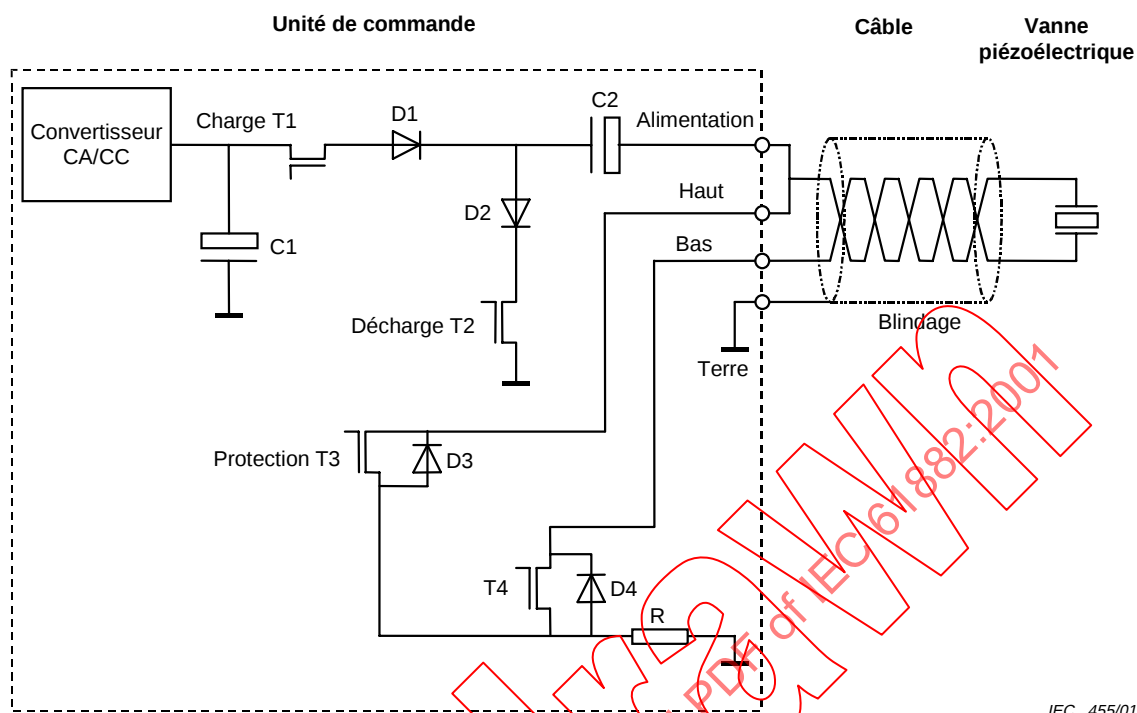


Figure B.3 – Système de commande de vanne piézoélectrique