

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines –
Part 3: Vertical Francis turbines or pump-turbines**

**Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines
hydroélectriques –
Partie 3: Turbines ou pompe-turbines Francis verticales**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines –
Part 3: Vertical Francis turbines or pump-turbines**

**Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines
hydroélectriques –
Partie 3: Turbines ou pompe-turbines Francis verticales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-8103-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Installation flowchart.....	6
4.1 Turbine embedded parts	6
4.2 Turbine mechanical parts	8
5 Steps.....	10
5.1 Turbine embedded parts	10
5.1.1 Step 1: Benchmarks set-up.....	10
5.1.2 Step 2: Primary embedded pipes and draft tube liner foundation installation	10
5.1.3 Step 3: Draft tube liner foundation embedment	10
5.1.4 Step 4: Draft tube liner foundation and workspace verification	11
5.1.5 Step 5: Handing over to installation	11
5.1.6 Step 6: Draft tube liner supports installation	11
5.1.7 Step 7: Draft tube liner installation.....	12
5.1.8 Step 8: Secondary embedded pipes installation around the draft tube liner.....	14
5.1.9 Step 9: Handing over to concreting phase.....	14
5.1.10 Step 10: Draft tube liner embedment	15
5.1.11 Step 11: Concrete voids testing.....	15
5.1.12 Step 12: Draft tube liner grout injection.....	16
5.1.13 Step 13: Handing over to installation	16
5.1.14 Step 14: Draft tube liner dimensional inspection after embedment	16
5.1.15 Step 15: Stay ring and spiral case supports installation	17
5.1.16 Step 16: Stay ring installation	17
5.1.17 Step 17: Spiral case installation.....	18
5.1.18 Step 18: Pit liner(s) and/or servomotor base plates installation	20
5.1.19 Step 19: Secondary embedded pipes installation around the spiral case.....	21
5.1.20 Step 20: Spiral case pressure test	21
5.1.21 Step 21: Handing over to concreting phase.....	22
5.1.22 Step 22: Embedment up to generator floor.....	22
5.1.23 Step 23: Remaining turbine embedded parts grout injection.....	22
5.1.24 Step 24: Handing over to installation	23
5.1.25 Step 25: Spiral case dimensional inspection after concreting	23
5.1.26 Step 26: Corrosion protection for embedded parts	23
5.1.27 Step 27: Turbine embedded parts complete	23
5.1.28 Step 28: Turbine mechanical parts installation	24
5.2 Turbine mechanical parts	24
5.2.1 Step 1: Turbine embedded parts complete.....	24
5.2.2 Step 2: Stay ring machining (if required).....	24
5.2.3 Step 3: Draft tube cone(s) installation	24
5.2.4 Step 4: Bottom ring installation	24
5.2.5 Step 5: Turbine runner installation	26
5.2.6 Step 6: Turbine shaft installation	26
5.2.7 Step 7: Turbine runner and shaft coupling	27

5.2.8	Step 8: Guide vane installation	27
5.2.9	Step 9: Head cover installation	27
5.2.10	Step 10: Shaft seal housing assembly	29
5.2.11	Step 11: Guide bearing housing assembly	29
5.2.12	Step 12: Regulating ring installation	29
5.2.13	Step 13: Servomotors installation	29
5.2.14	Step 14: Guide vane links and levers installation	30
5.2.15	Step 15: Turbine shaft free	30
5.2.16	Step 16: Generator installation	31
5.2.17	Step 17: Turbine and generator shafts coupling	31
5.2.18	Step 18: Unit alignment	32
5.2.19	Step 19: Shaft seal final installation	33
5.2.20	Step 20: Turbine guide bearing assembly and adjustment	33
5.2.21	Step 21: Guide vane apparatus final adjustment	34
5.2.22	Step 22: Remaining turbine parts installation completion	34
5.2.23	Step 23: Cleaning, painting and inspection before initial tests	34
5.2.24	Step 24: Turbine mechanical parts complete	34
5.2.25	Step 25: Commissioning	34
	Bibliography	35
	Figure 1 – Generic installation flowchart – Francis turbine or pumped-turbine embedded parts	7
	Figure 2 – Generic installation flowchart – Francis turbine or pumped-turbine mechanical parts	10
	Figure 3 – Draft tube liner installation	13
	Figure 4 – Draft tube liner embedment plan	15
	Figure 5 – Stay ring installation	18
	Figure 6 – Spiral case installation	20
	Figure 7 – Bottom ring installation	26
	Figure 8 – Head cover installation	28
	Figure 9 – Turbine shaft free	31
	Table 1 – Concentricity and junction	14
	Table 2 – Elevation, level and parallelism	19
	Table 3 – Circularity and level	25
	Table 4 – Circularity and concentricity	28
	Table 5 – Runner concentricity, level and elevation	30
	Table 6 – Runner measurements	32
	Table 7 – Shaft measurements	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDANCE FOR INSTALLATION PROCEDURES AND TOLERANCES OF HYDROELECTRIC MACHINES –

Part 3: Vertical Francis turbines or pump-turbines

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 63132-3 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
4/382/FDIS	4/392/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 63132 series, published under the general title *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020

GUIDANCE FOR INSTALLATION PROCEDURES AND TOLERANCES OF HYDROELECTRIC MACHINES –

Part 3: Vertical Francis turbines or pump-turbines

1 Scope

The purpose of this this part of IEC 63132 is to establish, in a general way, suitable procedures and tolerances for the installation of a vertical Francis turbine or pump-turbine. This document presents a typical assembly and whenever the word “turbine” is used in this document, it refers to a vertical Francis turbine or a pump-turbine. There are many possible ways to assemble a unit. The size of the machine, design of the machine, layout of the powerhouse or delivery schedule of the components are some of the elements that could result in additional steps, the elimination of some steps and/or assembly sequences.

It is understood that a publication of this type will be binding only if, and to the extent that, both contracting parties have agreed upon it.

This document excludes matters of purely commercial interest, except those inextricably bound up with the conduct of installation.

The tolerances in this document have been established upon best practices and experience, although it is recognized that other standards specify different tolerances.

Wherever this document specifies that documents, drawings or information is supplied by a manufacturer (or by manufacturers), each individual manufacturer will furnish the appropriate information for their own supply only.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

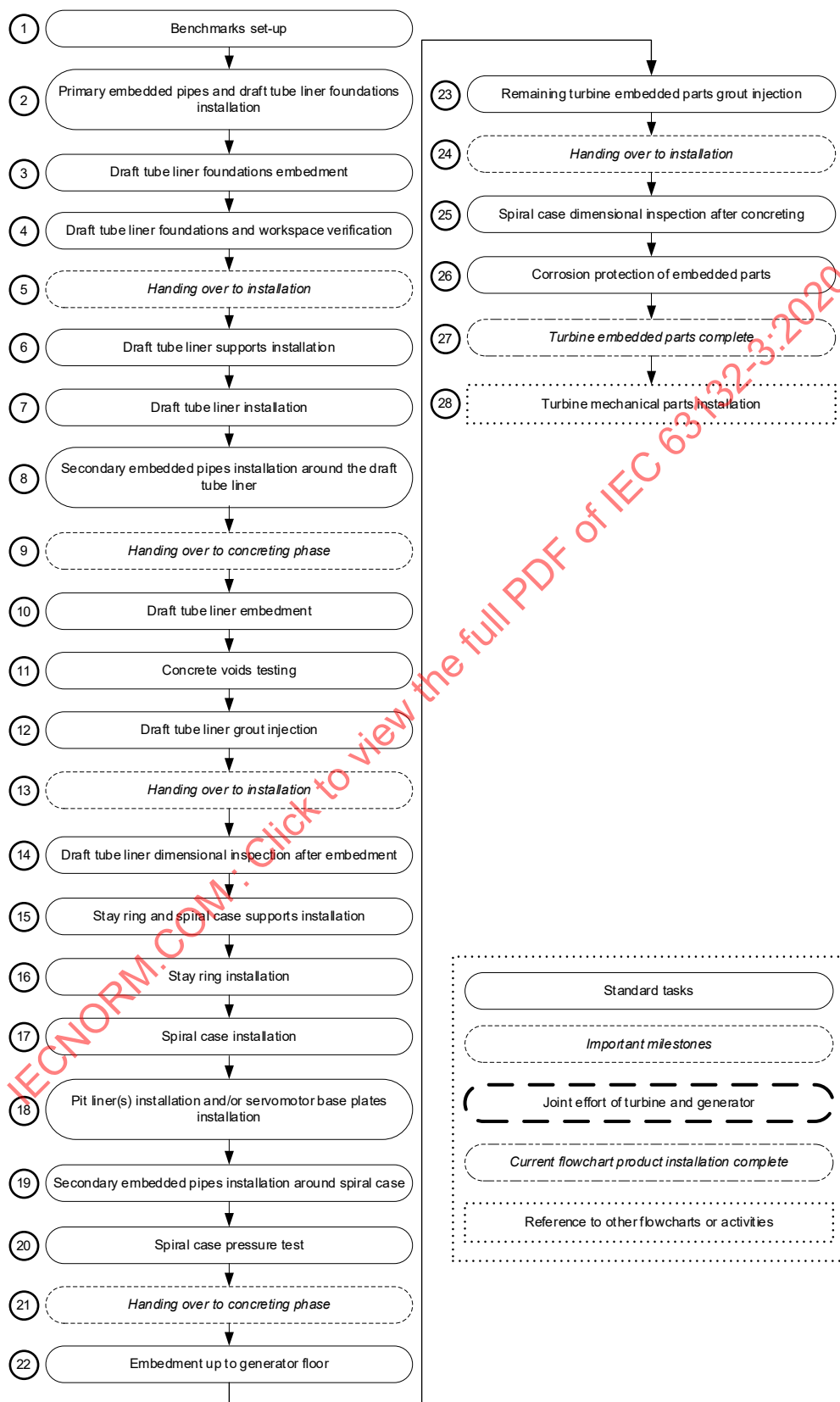
ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Installation flowchart

4.1 Turbine embedded parts

Figure 1 shows a generic installation flowchart for Francis turbine or pumped-turbine embedded parts.

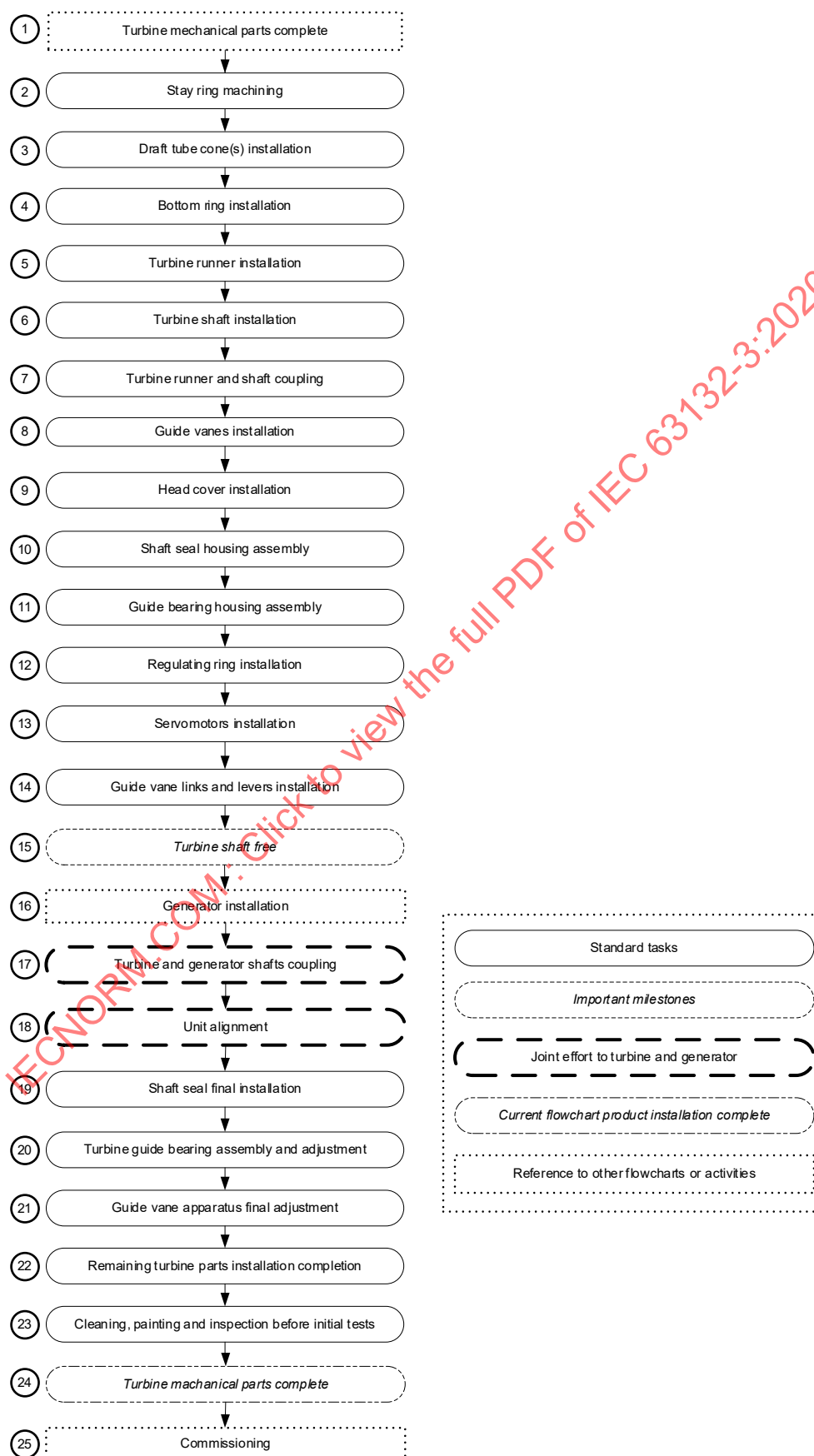


**Figure 1 – Generic installation flowchart –
Francis turbine or pumped-turbine embedded parts**

4.2 Turbine mechanical parts

Figure 2 shows a generic installation flowchart for Francis turbine or pumped-turbine mechanical parts.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020



NOTE The generator installation is linked to the turbine installation.

**Figure 2 – Generic installation flowchart –
Francis turbine or pumped-turbine mechanical parts**

5 Steps

5.1 Turbine embedded parts

5.1.1 Step 1: Benchmarks set-up

- a) Objective of work in the step
 - Set-up benchmarks to be used for starting proper installation of the turbine.
- b) Explanation of work
 - Sufficient benchmarks should be provided to establish the unit centreline, axis and elevation.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

Depending on the project delivery system (EPC, design build, etc.), the benchmarks or their reference points could be provided by the owner, civil contractor, etc. Whoever provides the benchmarks or reference points is responsible to make sure they are correct.

The benchmark type (x, y, z coordinates, defining axis and elevations, etc.) should be agreed to prior to the work commencing.

The turbine supplier/intaller should take care to transfer the necessary benchmarks throughout the installation and/or concreting processes so that the benchmarks remain accessible as the unit is assembled.

5.1.2 Step 2: Primary embedded pipes and draft tube liner foundation installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the primary embedded pipes and steel foundations in the correct locations.
- b) Explanation of work
 - Install the primary embedded pipes and supporting systems.
 - Install the foundation components of the draft tube liner.
- c) Recommendations

Different designs require different tolerances; therefore, it is recommended that the turbine supplier should provide the tolerances. It is considered as a best practice to perform:

 - NDT as applicable (i.e. visual inspections, pressure tests of the piping, test of welding seams);
 - measures to prevent the concrete from entering the pipes or contaminating the machined surfaces of foundations during concreting.
- d) Additional information

The contract should define which party is responsible to install the primary embedded pipes and/or the draft tube liner foundation components.

5.1.3 Step 3: Draft tube liner foundation embedment

- a) Objective of work in the step
 - Embed the foundation components of the draft tube liner and the primary embedded piping in the concrete.
- b) Explanation of work
 - Embed the foundation components of the draft tube liner.
- c) Recommendations

Care should be taken not to damage any of the embedded components or piping when pouring concrete.

d) Additional information

N/A

5.1.4 Step 4: Draft tube liner foundation and workspace verification

a) Objective of work in the step

- Confirm that the draft tube liner foundations have been installed in the correct place, verifying that the draft tube pit for placing the draft tube liner is per the design and there is sufficient access to the workplace.

b) Explanation of work

- Ensure that the dimensions of the draft tube pit match the design.
- Ensure that there will be no interference between the concrete structures, the reinforcing steels, the scaffolding, etc., the foundation anchors, the embedded pipes and the draft tube liner.

Once the workplace is acceptable the turbine installation work can start.

c) Recommendations

Check that the foundation components of the draft tube liner and the primary embedded pipes were installed within the tolerances provided by the turbine supplier.

d) Additional information

N/A

5.1.5 Step 5: Handing over to installation

a) Objective of work in the step

- Transfer the work space to the turbine supplier/installer.

b) Explanation of work

- There is normally an official transfer of the working area of the draft tube from the civil contractor to the turbine supplier/installer. Typically, the transfer is documented with some types of signed form.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.1.6 Step 6: Draft tube liner supports installation

a) Objective of work in the step

- Install the draft tube liner supports.

b) Explanation of work

- Install the supports and installation devices (if required) for fixing the draft tube liner to the base plates.

c) Recommendations

The following items should be checked:

- NDT of the site welded portion of supports (if applicable);
- dimensional checks of supports.

d) Additional information

In some cases, it will be advantageous for the civil contractor to be able to store the reinforcement steel that will be installed in the draft tube and/or around the draft tube. It can be significantly easier to move the reinforcement steel into this area prior to installation of the draft tube liner. If this is the case, it should be discussed and agreed between parties.

5.1.7 Step 7: Draft tube liner installation

a) Objective of work in the step

- Install the draft tube liner (see Figure 3).

b) Explanation of work

- Transport the draft tube liner segments to the foundation and placing them on the supports.
- Tack-weld of the draft tube liner segments.
- Inspect the alignment and principal dimensions of the draft tube liner before welding.
- Weld the draft tube liner.
- Inspect the alignment and principal dimensions of the draft tube liner after welding.

c) Recommendations

- The following items should be checked:
 - NDT of the welding seams;
 - the junction, concentricity of inlet, elevation, level, inclination (if required) and principal dimensions of the draft tube liner should be checked and be within the tolerances listed in Step 9: Handing over to concreting phase;
 - proper fixation of the draft tube liner.

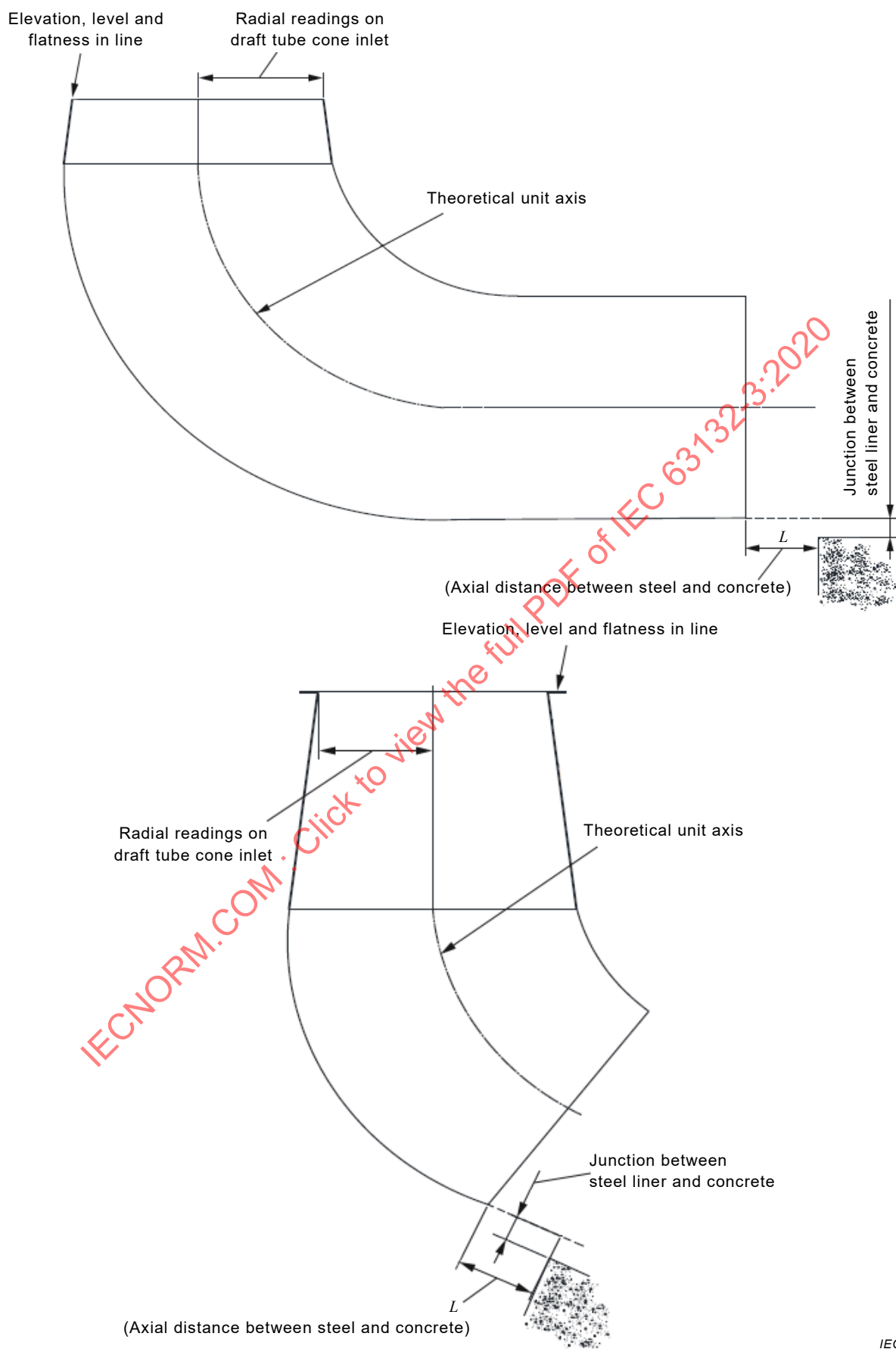
d) Additional information

The sequence for the installation of the draft tube liner should be provided by the turbine supplier. See Figure 3.

In some designs, steel pier nose(s) are required and will be installed in this step.

If the downstream concrete portion of the draft tube cannot be completed prior to the installation of the draft tube liner, the outlet position of the draft tube liner cannot be determined by the junction method. Therefore, another method will be required to position the outlet of draft tube liner. The downstream concrete portion would then be adapted to the draft tube liner outlet.

Adequate supports or bracing are required to prevent the draft tube liner from moving or changing shape during placing of the secondary concrete.

**Figure 3 – Draft tube liner installation**

5.1.8 Step 8: Secondary embedded pipes installation around the draft tube liner

- a) Objective of work in the step
- Install the secondary embedded pipes.
- b) Explanation of work
- Install the embedded pipes in the draft tube pit prior to concreting.
- c) Recommendations
- The following items should be checked:
 - NDT (i.e. visual inspections, pressure tests, test of welding seams);
 - dimensional checks of locations of the pipes.
 - The following preventive measures should be considered:
 - support the pipes so they cannot move or be damaged during concreting;
 - cover/block the pipe openings to prevent concrete from entering the pipes during concreting.
- d) Additional information
- Secondary embedded pipes could include draft tube/spiral case dewatering piping, balancing axial thrust piping, pressure tapping connections for testing or monitoring purposes etc.

5.1.9 Step 9: Handing over to concreting phase

- a) Objective of work in the step
- Transfer the work space to the civil contractor.
- b) Explanation of work
- The turbine supplier should confirm that the draft tube liner has been installed and aligned properly and is ready for concreting.
 - There is normally an official transfer of the working area of the draft tube from the turbine supplier/installer to the civil contractor. Typically, the transfer is documented with some type of signed form.
- c) Recommendations
- The items showed in Table 1 should be checked.

Table 1 – Concentricity and junction

Item	Tolerance	Minimum no. of measurements	Measurement location
Concentricity of inlet	0,1 % of the runner diameter (RD)	8 ^a when RD < 4 m 16 ^a when RD ≥ 4 m	Top surface
Junction	± 5 % of L (mm)	8 when RD < 4 m 16 when RD ≥ 4 m	Difference between the outlet end of the draft tube liner and the inlet of the concrete portion of the draft tube.
NOTE See Figure 3 for the definition of L.			
^a If the draft tube liner inlet has a machined flange, then fewer measurements are required because the draft tube liner stiffness will ensure it remains circular.			

In addition to the above requirements, the elevation, level, inclination, circularity, orientation in plan and principal dimensions should be checked. The values of these tolerances should be provided by the turbine supplier.

The tolerances of the principal dimensions are defined by hydraulic requirements described in the appropriate turbine supplier drawings.

The draft tube liner should be set concentric to the theoretical unit axis (bench mark) and centreline.

d) Additional information

The tolerances depend on the design of the connection method between the draft tube cone and the draft tube liner, which can be either welded or bolted.

Level readings can be also used to check the elevation and inclination.

5.1.10 Step 10: Draft tube liner embedment

a) Objective of work in the step

- Embed the draft tube liner.

b) Explanation of work

- Install the reinforcement, placing of the formwork and then concreting.

c) Recommendations

The concrete pour rate, pour/step heights and allowable differential levels should be agreed among the concerned parties during the early stages of project development, due to the critical impacts (to schedule and costs) related to the design and installation of the draft tube liner.

d) Additional information

Care should be taken when pouring concrete not to damage any of the embedded components or piping.

Figure 4 shows an example of a concreting plan.

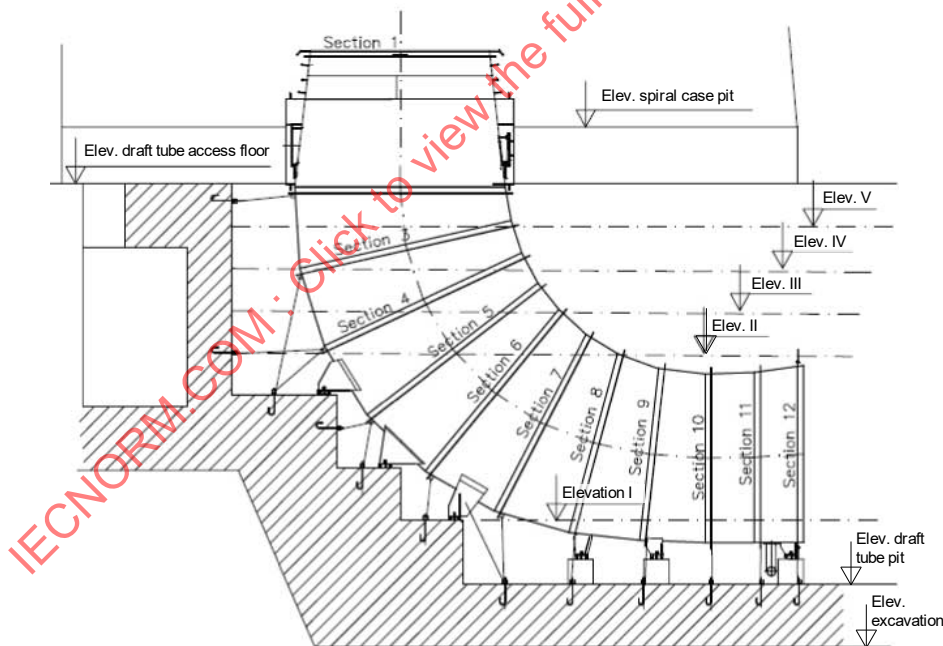


Figure 4 – Draft tube liner embedment plan

5.1.11 Step 11: Concrete voids testing

a) Objective of work in the step

- Determine if there are hollow spaces (voids) between the draft tube liner and the concrete.

b) Explanation of work

- A common method to detect hollow spaces is by tapping the inside surface of the draft tube liner with a hammer.

c) Recommendations

While there is no established standard for determining the amount of voids that require grouting, it is recommended that a single area greater than 0,1 m² to 0,2 m² depending on unit size should be grouted. Also, a minimum of 80 % of the liner should be firmly in contact with the concrete.

d) Additional information

Areas where there is no contact between the draft tube liner and the concrete will sound in a different tone (resonance) when hit with a hammer.

5.1.12 Step 12: Draft tube liner grout injection

a) Objective of work in the step

- Fill the hollowed spaces between the draft tube liner and the concrete with grout.

b) Explanation of work

- Drill holes and fix connections for injecting grouting material.
- Drill air vents.
- Fill voids with grouting material.

c) Recommendations

Hollow space detection should be repeated after grout filling to ensure that no wide hollow spaces are left.

d) Additional information

The grouting pressure should be determined during the early stages of project development due to the impacts (on schedule and costs) of the design of the draft tube. Some owners will specify the grouting pressure.

Typical hydrostatic pressures for grouting range from 50 kPa to 200 kPa.

5.1.13 Step 13: Handing over to installation

a) Objective of work in the step

- Transfer the work space to the turbine supplier/installer.

b) Explanation of work

- There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine supplier/installer. Typically, the transfer is documented with some types of signed form.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.1.14 Step 14: Draft tube liner dimensional inspection after embedment

a) Objective of work in the step

- Determine if the dimensions and positions of the draft tube liner changed during concreting.

b) Explanation of work

- Measurements are taken to confirm that the draft tube liner did not distort or move during placement of the concrete.

c) Recommendations

Confirm, after concreting, that the concentricity is within the tolerance specified in Step 9: Handing over to concreting phase. The elevation and level should also be checked to confirm if they are within the tolerances given by the turbine supplier.

d) Additional information

The centre of the draft tube liner will become the reference centre for installing the stay ring and bottom ring.

In some cases, depending on the design of the draft tube liner, the centre of the draft tube liner will not become the reference centre for installing the stay ring. In these cases, the theoretical unit centre will be the reference centre for the stay ring.

The as-set elevation of the draft tube liner may influence the installation of the remainder of the turbine and generator.

5.1.15 Step 15: Stay ring and spiral case supports installation

a) Objective of work in the step

- Install the stay ring and spiral case supports.

b) Explanation of work

- Install the supports for the stay ring and the spiral case.
- The nature, number and position of the supports will be determined by the turbine supplier.

c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier. The location, elevation and level of the supports for the stay ring and spiral case may need to be checked depending on the design.

d) Additional information

Depending on the design of the supports, intermediate concreting may be required.

5.1.16 Step 16: Stay ring installation

a) Objective of work in the step

- Install the stay ring (see Figure 5).

b) Explanation of work

- Assemble the stay ring.
- Install and align (centre, level, elevation, etc.) and then anchor the stay ring.
- Weld the stay ring split lines (if applicable).

c) Recommendations

The following items should be checked:

- the circularity and the dimension of the stay ring should satisfy the tolerances listed in Step 17: Spiral case installation;
- orientation in plan;
- the deformation of the stay ring from time to time, during welding;
- NDT of the welding seams.

d) Additional information

N/A

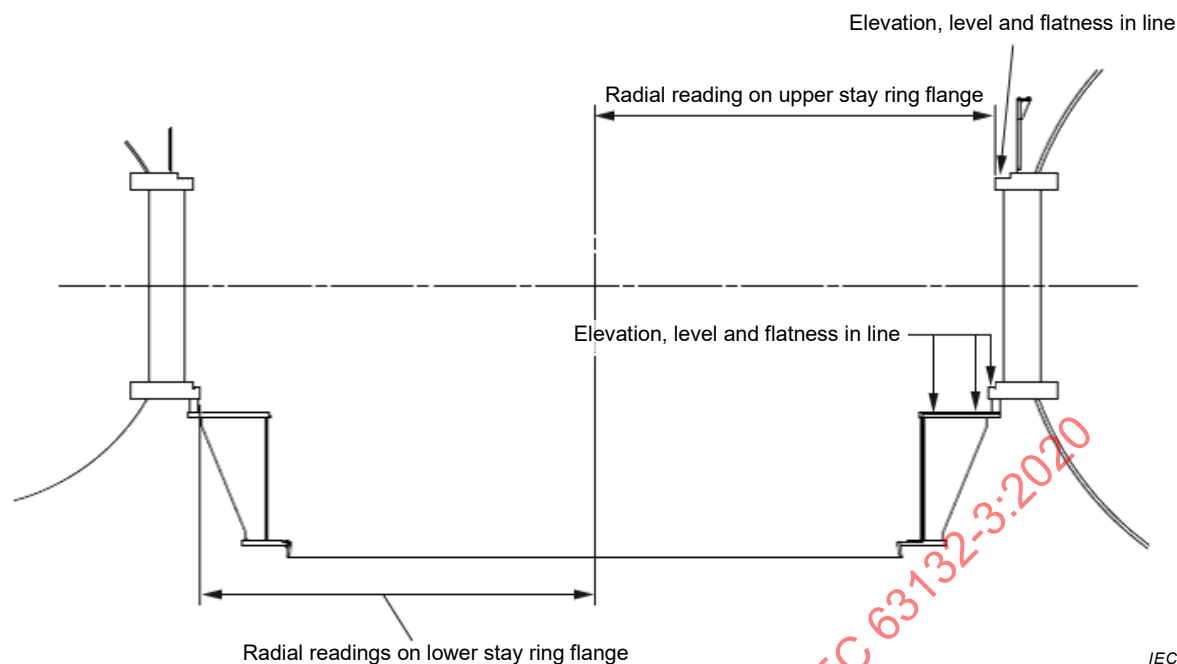


Figure 5 – Stay ring installation

5.1.17 Step 17: Spiral case installation

a) Objective of work in the step

- Install the spiral case.

b) Explanation of work

- Assemble and tack-weld the spiral case.
- Weld the spiral case shells.
- Weld the spiral case to the stay ring.
- Weld the connection piece (pipe/penstock) to the spiral case.
- Install the internal reinforcement (if applicable) and the external anchors for the spiral case.
- Inspect the alignment of the spiral case and stay ring after finishing spiral case welding.

c) Recommendations

The items showed in Table 2 should be checked.

Table 2 – Elevation, level and parallelism

Item	Tolerance	Minimum No. of measurements	Measurement location
Stay ring elevation	± 3 mm	Half the number of guide vanes	Either the upper (head cover) or lower (bottom ring) flange or the marked centre of the stay vanes depending on the design
Stay ring level	0,05 mm/m ^a	Half the number of guide vanes on each flange	Each flange
Parallelism	20 % of the total of the guide vane top clearance and guide vane bottom clearance (mm)	Half the number of guide vanes	Each flange
^a Tolerance based on flange diameter; as an example, for a flange diameter of 5 m, the tolerance on level is 0,25 mm.			

In addition to the above requirements, stay ring concentricity, stay ring circularity, spiral case inlet concentricity, spiral case inclination, stay ring flatness in line, orientation in plan and spiral case principal dimensions should be checked. The values of these tolerances should be provided by the turbine supplier.

The stay ring should be installed so that the stay vane centreline is coincident with the theoretical elevation. The turbine supplier should provide the principal dimensions from the stay vane centreline to both upper and lower flanges (measured at the shop), even though the centre mark is put on the stay ring.

The stay ring should be installed concentric to the centre of the embedded draft tube liner.

The spiral case inlet should be installed concentric to the penstock centre. Depending on the design, the inclination, waviness and junction at the inlet of the spiral case may need to be checked to ensure proper connection to the penstock or the inlet pipes. See Figure 6.

Check for deformation of the spiral case from time to time during the welding.

NDT of welding seams should be checked.

d) Additional information

The turbine supplier should provide the sequence for the installation of the spiral case.

Depending on the amount of radial adjustment of the bottom ring in the stay ring, the centre of the stay ring may become the reference for installing the bottom ring. In cases where there is a lot of radial adjustability between the bottom ring and the stay ring, the centre of the draft tube liner may remain as the reference centre for installing the bottom ring. The turbine supplier must determine which component should be the reference centre for the bottom ring prior to the stay ring installation and communicate the decision prior to stay ring installation.

In some cases, the outside of the spiral case is protected against corrosion.

In the case of the embedded type of draft tube cone and bottom ring, these may be embedded together with the spiral case. These components are installed before or after installing the stay ring and spiral case, depending on the design. The tolerances are the same as in Step 4: Bottom ring installation in the Turbine mechanical parts.

For the embedded draft tube cone, the following steps are considered:

- to assemble the draft tube cone;
- to install the draft tube cone on the draft tube liner (sometimes temporarily);
- to assemble the bottom ring;
- to install the bottom ring on the stay ring;
- to connect the bottom ring to the draft tube cone;
- to inspect alignment of the bottom ring and stay ring.

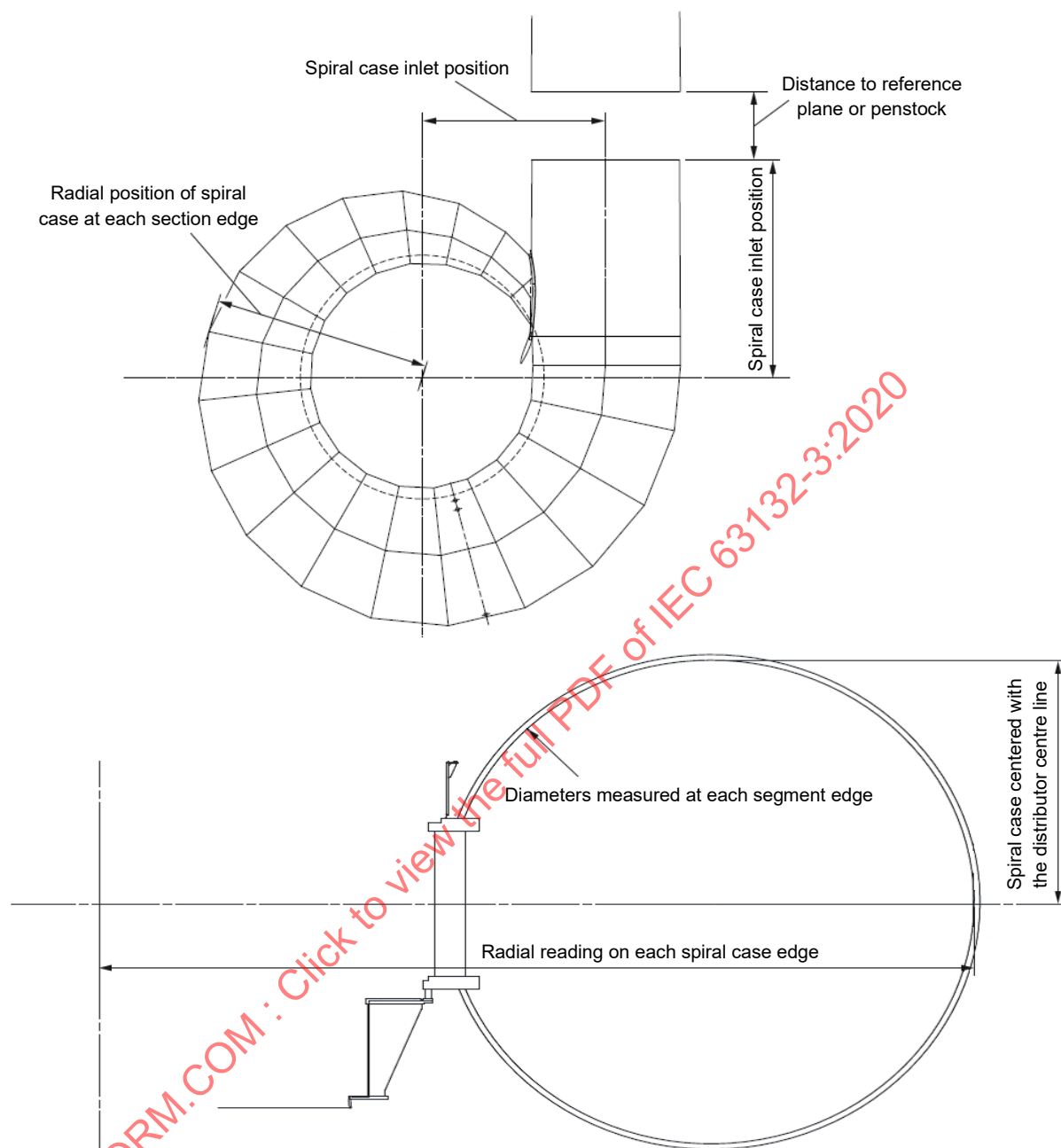


Figure 6 – Spiral case installation

5.1.18 Step 18: Pit liner(s) and/or servomotor base plates installation

a) Objective of work in the step

- Install the pit liner(s) and/or the servomotor base plates.

b) Explanation of work

- Depending on the design of the turbine there are many possible steps required. Some typical steps include:
 - to assemble the pit liner segments;
 - to align the servomotors foundation(s);
 - to weld the pit liner to the stay ring.

c) Recommendations

The elevation and orientation of the servomotor bracket and the embedded pipes should be checked if applicable. The values of these tolerances should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

N/A

5.1.19 Step 19: Secondary embedded pipes installation around the spiral case

a) Objective of work in the step

- Install the embedded pipes.

b) Explanation of work

- Install the pipes around the spiral case before final concreting.

c) Recommendations

NDT (i.e. visual inspections, pressure tests, test of welding seams) and dimensional checks of the pipe locations should be performed.

The following preventive measures should be considered:

- support the pipes so they cannot move or be damaged during concreting;
- cover/block pipe openings to prevent concrete from entering the pipes during concreting.

d) Additional information

Secondary embedded pipes could include the draft tube/spiral case dewatering piping, the axial thrust balancing piping, the pressure tap connections for testing or monitoring purposes, etc.

5.1.20 Step 20: Spiral case pressure test

a) Objective of work in the step

- Check the deformation and integrity (water tightness) of the spiral case when pressurized.
- Relieve some local high stresses in the welds which will improve the fatigue life of the spiral case.

b) Explanation of work

- Close all the inlets and outlets of the spiral case including all pipes with temporary covers.
- Fill the spiral case with water.
- Pressurize the spiral case.
- Check for leaks.

c) Recommendations

150 % of the design head is generally used for the pressure test. The test pressure, duration and parameters should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

Depending on the civil and mechanical design, the pressure test may not be required.

The turbine supplier typically supplies a pressurization procedure which defines the number of steps, the duration of each step, the pressures of each step, etc.

In order to make it easier to detect any leakage, it is helpful to control the water temperature to be higher than the ambient air dew point to avoid water condensation on the surfaces. However, depending on the size of the spiral case and conditions at the site, this method is not always possible.

The spiral case pressure will need to be controlled throughout the test.

5.1.21 Step 21: Handing over to concreting phase

- a) Objective of work in the step
 - Transfer the work space to the civil contractor.
- b) Explanation of work
 - There is normally an official transfer of the working area from the turbine supplier/installer to the civil contractor or owner. Typically, the transfer is documented with some types of signed form.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

Before handing over, some measures are required to prevent distortion of the spiral case during concreting and/or excessive load transfer to the civil structures after commissioning. Some common methods are:

 - to keep the spiral case pressurized at some pressure below the test pressure;
 - to provide stiffeners inside the spiral case;
 - to apply an elastic coating or layer to certain outside portions of the spiral case.

5.1.22 Step 22: Embedment up to generator floor

- a) Objective of work in the step
 - Embed all embedded parts including, but not limited to, the stay ring, the spiral case, the pit liner (if applicable) and the turbine and/or generator component anchors, plates and pipes.
- b) Explanation of work
 - Place the concrete around the remaining embedded components.
- c) Recommendations

The concrete pour rate, pour/step heights and allowable differential levels should be agreed by the concerned parties during the early stages of project development due to the critical impacts (on schedule and costs) of the design and installation of embedded parts.
- d) Additional information

Care should be taken when pouring concrete not to damage any of the embedded components or the piping.

If the generator components need to be embedded in the primary concrete, it shall be considered in this step.

5.1.23 Step 23: Remaining turbine embedded parts grout injection

- a) Objective of work in the step
 - Fill the hollow spaces between the recently embedded parts and the concrete with grout.
- b) Explanation of work
 - Predefined grouting locations should be used to inject grout when necessary.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

During operation, the spiral case expands due to the water pressure. To limit the loads transferred to the concrete, it is advantageous to have some space between the concrete and the spiral case when the spiral case is not pressurized. In this case, only the lower connection area between the spiral case and the stay ring is grouted.

Another method to limit the loads transferred to the concrete is to have some type of elastic material between the spiral case and the concrete. In this case, grouting is only applied in areas not covered with elastic materials.

The remaining embedded components are normally grouted. Due to the stiffness of these embedded components, there is no effective method to test for concrete voids. Because of this and their geometry, the components are often supplied with both holes and vents to effectively inject grouting materials.

Grouting pressure should be determined during the early stages of project development due to the impacts (on schedule and costs) of the design of the embedded components.

Typical hydrostatic pressures for grouting range from 50 kPa to 200 kPa.

5.1.24 Step 24: Handing over to installation

- a) Objective of work in the step
 - Transfer the work space to the turbine supplier/installer.
- b) Explanation of work
 - There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine supplier/installer. Typically, the transfer is documented with some types of signed form.
- c) Recommendations
N/A
- d) Additional information
N/A

5.1.25 Step 25: Spiral case dimensional inspection after concreting

- a) Objective of work in the step
 - Determine the shape and location of the stay ring and spiral case after embedment.
- b) Explanation of work
 - Take measurements.
- c) Recommendations
The stay ring and spiral case concentricity, elevation and level should be checked to see if the readings, taken in Step 17: Spiral case installation, have changed after concreting.
- d) Additional information
Depending on the design of the components or if the components were distorted or moved during concreting, some adjustments such as re-machining, grinding or shimming may be required on the machined surfaces to get them within the tolerance.

5.1.26 Step 26: Corrosion protection for embedded parts

- a) Objective of work in the step
 - Protect the water passage side of embedded parts against corrosion.
- b) Explanation of work
 - Drain the water from between the spiral case and the draft tube.
 - Remove all inner reinforcements between the spiral case and the draft tube.
 - Prepare the components for corrosion protection.
 - Apply the corrosion protection.
- c) Recommendations
Corrosion protection specification should be provided by the turbine supplier
- d) Additional information
N/A

5.1.27 Step 27: Turbine embedded parts complete

This step defines the end of the process.

5.1.28 Step 28: Turbine mechanical parts installation

This step identifies the beginning of the next group of activities.

5.2 Turbine mechanical parts

5.2.1 Step 1: Turbine embedded parts complete

This step identifies the end of the previous group of activities.

5.2.2 Step 2: Stay ring machining (if required)

a) Objective of work in the step

- Machine the stay ring.

b) Explanation of work

- Measure the upper and lower stay ring flanges.
- Machine the required surfaces.

c) Recommendations

Level, parallelism, circularity, concentricity and elevation should be checked.

The number of measurements of level, parallelism and circularity should be not less than half the number of guide vanes.

The tolerances of the above items should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

In some designs, additional components, such as the discharge ring or the wearing ring seat, may also require machining.

5.2.3 Step 3: Draft tube cone(s) installation

a) Objective of work in the step

- Install the draft tube cone.

b) Explanation of work

- Connect the draft tube cone to the embedded draft tube liner.

c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier. The concentricity, orientation in plan, elevation and level of the draft tube cone should be checked.

d) Additional information

This step shall be applied when the draft tube cone is not embedded.

5.2.4 Step 4: Bottom ring installation

a) Objective of work in the step

- Install the bottom ring.

b) Explanation of work

- Assemble the bottom ring.
- Install the bottom ring.
- Adjust the position of the bottom ring.

c) Recommendations

The items listed in Table 3 should be checked.

Table 3 – Circularity and level

Item	Tolerance	Minimum no. of measurements	Measurement location
Circularity	10 % of design radial clearance (mm) or 0,1 mm, whichever is greater	8 when RD < 4m 16 when RD ≥ 4m	Measurement on lower seal reference to best centre
Level	0,05 mm/m ^a	Half the number of guide vanes	Top surface of bottom ring on the guide vane circle between bores
^a Tolerance based on flange diameter; as an example, for a flange diameter of 5 m, the tolerance on level is 0,25 mm.			

The joints of the bottom ring segments should be checked for gaps and steps.

Elevation, concentricity, orientation in plan and flatness in line should be checked. The elevation, flatness in line of the facing plate and concentricity tolerances should be provided by the turbine supplier. There is a hydraulic tolerance for orientation in plan; however, based on the design, the turbine supplier may have to impose a tighter tolerance on orientation in plan in order to assemble the unit.

The radial level across the bottom ring sealing surface should be checked between the inner and outer diameter to protect against binding of the guide vanes on the facing plate and binding of the guide vane stem within the guide vane bushings. The value of the radial level tolerance should be provided by the turbine supplier. See Figure 7.

The junction between the stay ring and bottom ring should be checked. The tolerance should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

This step should be done at this time when the bottom ring is not embedded.

The centre of the bottom ring now becomes the reference centre for the remainder of unit assembly. The elevation of the bottom ring now becomes the reference elevation for the remainder of unit assembly.

In some cases, exchangeable stationary seal rings may be attached to the bottom ring in this step.

If the lower seals are located in the discharge ring, the circularity tolerance above should apply to the discharge ring and the turbine supplier should provide the bottom ring circularity tolerance.

Sometimes, some guide vanes, head cover and ring gate (if applicable) may be temporarily installed in this step to determine the position of head cover, including orientation, elevation and centre. In this case, the following measurements may be also conducted:

- concentricity of the upper and lower seals in the head cover and bottom ring;
- alignment of the upper and lower guide vane shaft sleeves;
- guide vane top and bottom clearance;
- machining allowance for the guide rail of the ring gate (if applicable);
- drilling of the dowel holes for the head cover and bottom ring installations.

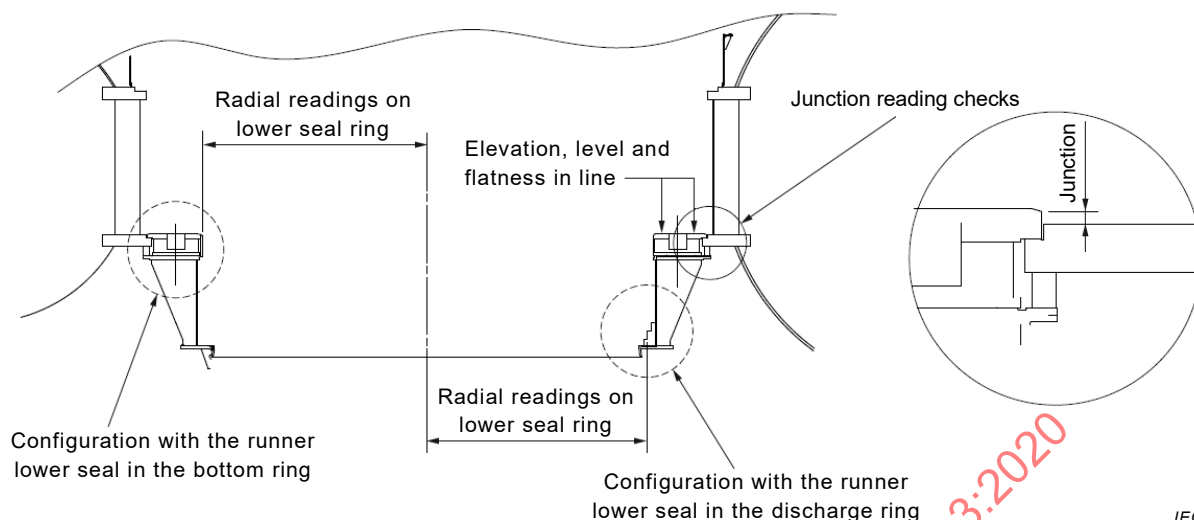


Figure 7 – Bottom ring installation

5.2.5 Step 5: Turbine runner installation

- a) Objective of work in the step
 - To install the turbine runner.
- b) Explanation of work
 - Place the runner in the pit.
 - Align the runner for best centre, elevation, level.

c) Recommendations

The concentricity, elevation and level should be checked. The values for the concentricity, elevation and level tolerance should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

The runner is installed at a lower elevation than its operational elevation. This is required in order to gain a space for the installation of the thrust bearing pads as well as to enable performing a runout of the generator separately. The amount below its normal operating elevation should be agreed to by both the turbine and the generator suppliers.

When the thrust bearing is installed on the head cover, the elevation settings will be different.

In some designs, the runner wear rings may be attached to the runner before placing it in the pit.

5.2.6 Step 6: Turbine shaft installation

- a) Objective of work in the step
 - To install the turbine shaft.
- b) Explanation of work
 - To align and install the turbine shaft to the top of the runner.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

In many cases, the shafts coupling holes will be marked with numbers. In this case, these holes will determine the angular positioning. When numbers are not marked, it is a good practice to match the high point on shaft flange to the low point on the runner flange.

In some cases, the turbine runner and shaft are assembled outside the pit and installed as an assembly.

In the case of an axial air admission system, the piping and sealing elements would need to be installed inside the shaft system.

5.2.7 Step 7: Turbine runner and shaft coupling

a) Objective of work in the step

- Couple the turbine shaft to the turbine runner.

b) Explanation of work

- Couple the turbine shaft to the turbine runner.
- Depending on the design, machining of the coupling bores and/or the bolts may be required.

c) Recommendations

In many cases, the turbine shaft and runner coupling holes will be marked with numbers. In this case, these holes will determine the angular positioning. When numbers are not marked, it is a good practice to match the high point on turbine shaft flange to the low point on the runner flange.

During the process of turbine shaft installation, care should be taken to ensure that flanges remain parallel, properly oriented and concentric. This is to prevent damage and allow proper coupling.

To check the elevation and level at the turbine shaft upper coupling flange is a good practice.

d) Additional information

The tightening procedure should be provided by the turbine supplier.

There are many possible coupling systems, such as:

- friction coupling;
- fitted bolts;
- fitted sleeves;
- keys or dowels.

5.2.8 Step 8: Guide vane installation

a) Objective of work in the step

- Install the guide vanes.

b) Explanation of work

- Clean, check and install the guide vanes.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.2.9 Step 9: Head cover installation

a) Objective of work in the step

- Install the head cover (see Figure 8).

b) Explanation of work

- Assemble the head cover.
- Place and align the head cover.
- Tighten the fasteners securing the head cover to the stay ring.

c) Recommendations

The items listed in Table 4 should be checked.

Table 4 – Circularity and concentricity

Item	Tolerance	Minimum No. of measurements	Measurement location
Circularity	5 % of design clearance (mm) or 0,1 mm, whichever is greater	4 when RD < 4m 8 when RD ≥ 4m	Upper seal
Concentricity	5 % of the radial design clearance (mm) or 0,1 mm, whichever is greater	4 when RD < 4m 8 when RD ≥ 4m	Upper seal with respect to the lower seal

Check to ensure that there are no gaps or steps at the joints.

Orientation in plan, level, junction, average turbine runner clearance, vertical distance between the bottom ring and the head cover, and the guide vane top and bottom clearance should be checked. These tolerances should be provided by the turbine supplier.

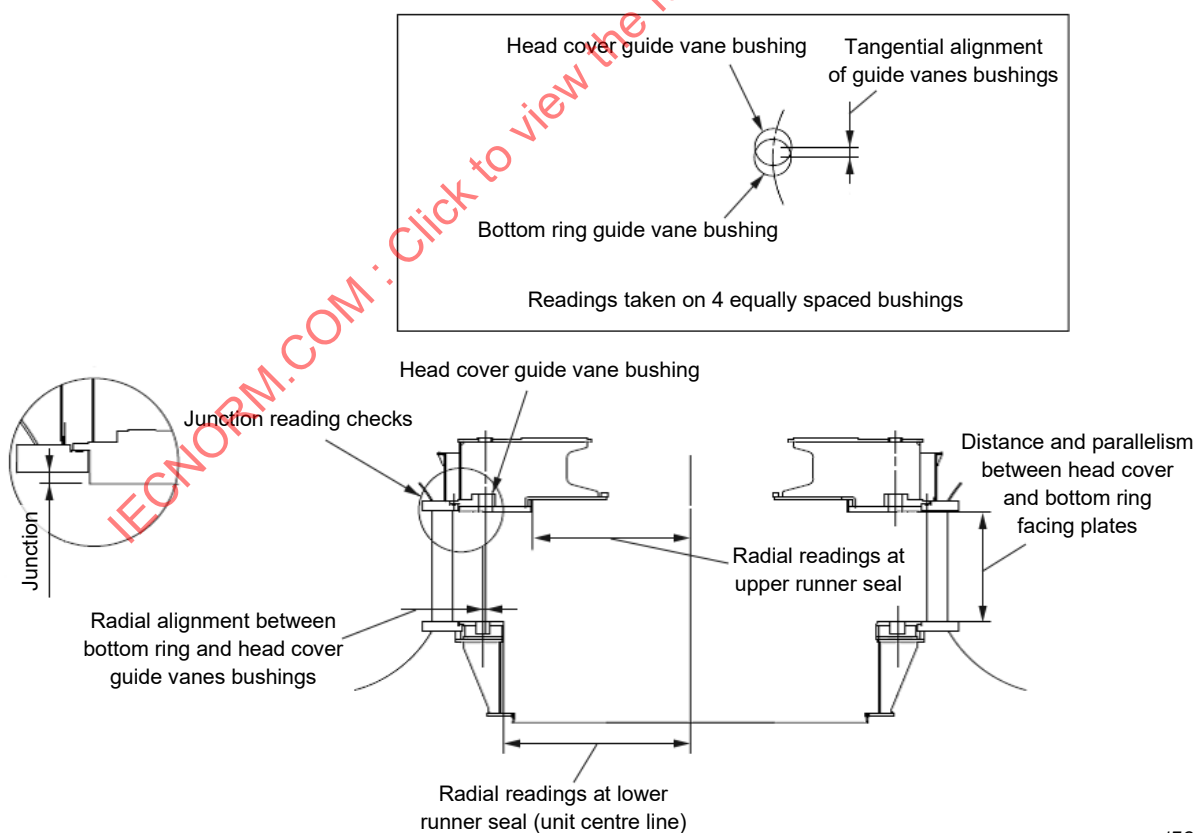
Proper alignment of the guide vane bores in the head cover and those in the bottom ring should be verified.

d) Additional information

It is easier to check for gaps and steps at the joints prior to installing the head cover.

In some cases, exchangeable stationary seal rings may be attached to the head cover in this step.

In the case of short guide vanes, it may be sufficient to measure the guide vane top and bottom clearances as the alignment method.



IEC

Figure 8 – Head cover installation

5.2.10 Step 10: Shaft seal housing assembly

- a) Objective of work in the step
 - Assemble and install the shaft seal housing.
- b) Explanation of work
 - Assemble the shaft seal housing.
 - Install the shaft seal housing.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

There are different types of shaft seals, including radial seals (carbon segment or stuffing box), and axial seals, etc.

The installation of the shaft seal housing should not interfere with the measurements being taken during unit alignment.

5.2.11 Step 11: Guide bearing housing assembly

- a) Objective of work in the step
 - Assemble and install the guide bearing housing.
- b) Explanation of work
 - Assemble the guide bearing housing and install it.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

The guide bearing oil reservoir can either be a rotating or a stationary design.

A leakage test for the oil reservoir may be required.

The installation of the guide bearing housing should not interfere with the measurements being taken during unit alignment.

5.2.12 Step 12: Regulating ring installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the regulating ring.
- b) Explanation of work
 - Install the regulating ring.
- c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier.
- d) Additional information

The sequence of installation may be changed depending on the design, and site conditions, etc.

When the regulating ring is guided by segments or strips, it is a good practice to check the clearance between the regulating ring and the segments or strips.

Some regulating rings have roller bearings.

Some turbine installations utilize individual guide vane servomotors in lieu of a regulating ring.

5.2.13 Step 13: Servomotors installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the servomotor(s).

- b) Explanation of work
 - Install the servomotors.
 - Align the servomotors.
- c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier.
- d) Additional information

The sequence of installation may be changed depending on the design, and site conditions, etc.

The number of servomotors ranges from one per turbine unit to one per guide vane.

5.2.14 Step 14: Guide vane links and levers installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the guide vane links and levers.
- b) Explanation of work
 - Install the guide vane links and levers.
 - Minimize the guide vane to guide vane clearance.
- c) Recommendations

The guide vane to guide vane clearance should be checked. The tolerances should be provided by the turbine supplier.

The basic alignment shall be performed without guide vanes pre-stressing with servomotors; however, the tolerance applies with the guide vanes pre-stressed. Pre-stress value/criteria should be provided by the turbine supplier.
- d) Additional information

N/A

5.2.15 Step 15: Turbine shaft free

- a) Objective of work in the step
 - Establish the turbine shaft free condition (see Figure 9).
- b) Explanation of work
 - Shaft free is defined as the hand over from the turbine supplier to the generator supplier.
- c) Recommendations

The items listed in Table 5 should be checked.

Table 5 – Runner concentricity, level and elevation

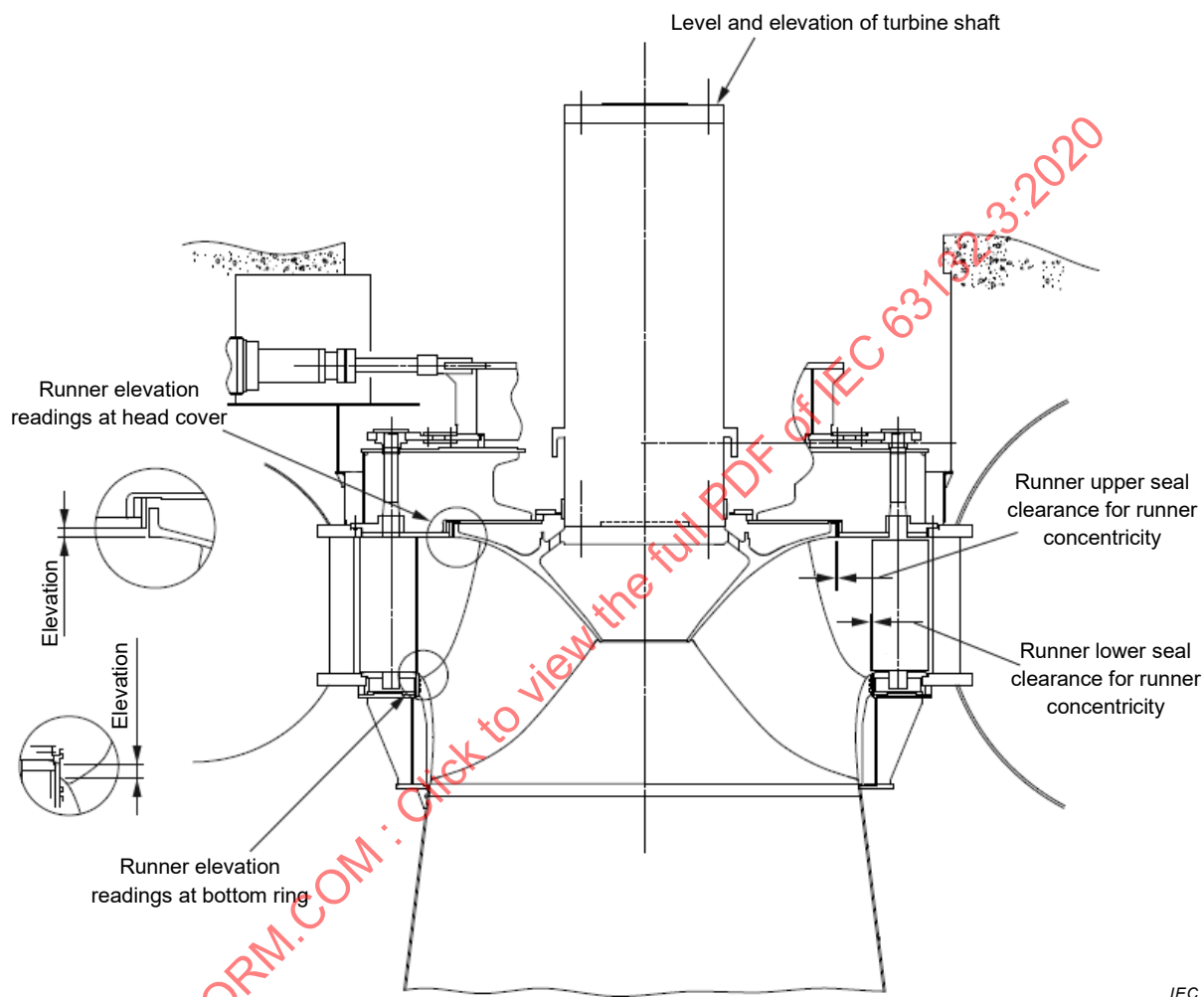
Item	Tolerance	Minimum no. of measurements	Measurement location
Runner concentricity	No tolerance, actual position to be communicated	4 on both the upper and lower seals	Upper and lower seal
Turbine shaft upper coupling flange level and elevation	No tolerance, actual position to be communicated	4 (every 90°)	On machined bands on flange

The turbine shaft upper coupling flange elevation, runner elevation and concentricity with respect to the stationary parts shall be checked and the actual values shall be communicated from the turbine supplier to the generator supplier.

d) Additional information

The concentricity of the runner in the top and bottom seals, the shaft coupling flange level and elevation, and the runner elevation relative to the operating positions should be recorded.

The turbine shaft is normally installed at a lower elevation than its operational elevation. This is required in order to assemble the turbine and generator shafts. The amount below its normal operating elevation should be agreed to by the turbine and generator suppliers. When the thrust bearing is installed on the head cover, the elevation settings will be different.



IEC

Figure 9 – Turbine shaft free

5.2.16 Step 16: Generator installation

This step identifies a group of activities covered in detail in IEC 63132-2.

5.2.17 Step 17: Turbine and generator shafts coupling

- a) Objective of work in the step
 - Couple the generator shaft to the turbine shaft.
- b) Explanation of work
 - Align the match marks on the shafts.
 - Install the fasteners.
 - Raise the turbine shaft.
 - Torque or stretch the fasteners.

c) Recommendations

In many cases, the shafts coupling holes will be marked with numbers. In this case, these holes will determine the angular positioning. When numbers are not marked, it is a good practice to match the high point on generator shaft flange to the low point on the turbine shaft flange.

d) Additional information

There are many ways to assemble the coupling. Sometimes, the coupling bolts are used to raise the shaft. At other times, temporary bolts are used to raise the shaft.

A tightening procedure should be provided by either the turbine or the generator supplier. The supplier that supplies the coupling bolts/studs should supply the coupling procedure.

5.2.18 Step 18: Unit alignment

a) Objective of work in the step

- Align the unit.

b) Explanation of work

- In order to perform the unit alignment, a minimum of four guide bearing segments (at the guide bearing closest to the thrust bearing), spaced 90° apart, shall be installed and have their clearance set at a small value to limit the lateral movement while still allowing the unit to rotate freely. All other interferences (bearings, seals, bearing covers, etc.) should be removed.
- Rotate the unit and perform all measurements and adjustment to achieve required tolerances.
- Secure the shaft system to allow the bearing, shaft sealing and cover installation and adjustment.

c) Recommendations

The items listed in Table 6 and Table 7 should be checked.

Table 6 – Runner measurements

Item	Tolerance	Minimum no. of measurements	Measurement location
Runner upper seal concentricity ^a	10 % of average measured upper seal radial clearance or 0,1 mm, whichever is greater	4 when RD < 4 m 8 when RD ≥ 4 m	Upper seal
Runner lower seal concentricity ^a	10 % of average measured lower seal radial clearance or 0,1 mm, whichever is greater	4 when RD < 4 m 8 when RD ≥ 4 m	Lower seal
^a Concentricity tolerance is applied to the axis of rotation; this is achieved by measuring the runner clearances with generator pole no. 1 upstream, and then rotating 180° and measuring the runner clearances again. The position of the axis of rotation is the average between the two best centres.			

Table 7 – Shaft measurements

Item	Tolerance	Minimum no. of measurements	Measurement location
Shaft run-out	0,05 × L/D mm (peak to peak) Minimum: half of the design radial clearance of the bearing. Maximum: 1,5 times the design radial clearance of the bearing.	4 readings for each dial indicator at each bearing ^a	At each bearing
Shaft verticality	0,06 mm/m	4 readings ^b	Shaft
^a Readings at the guide bearing closest to the thrust bearing must be used to compensate the translation movement within this bearing to determine the pure rotation movement at the measured guide bearing journals. ^b There are many methods in measuring shaft verticality, however they all require rotations. One common method is to mount a level on the shaft body and record the level at every 90° positions. The verticality of the shaft is obtained by calculating the best centre of the 4 readings. The verticality is corrected by re-aligning the thrust bearing horizontal plane.			

Refer to the unit alignment step in the appropriate turbine flowchart to determine the applicable turbine tolerances that should be applied during the unit alignment.

Straightness verification may be useful to determine the cause of the run-out problem.

For the applicable generator tolerances that should be applied during unit alignment, refer to step 15: Unit alignment of IEC 63132-2.

d) Additional information

For thrust bearings which are rigidly supported, the axis of rotation passes through the centre of the guide bearing closest to the thrust bearing and is perpendicular to the plane of the thrust bearing pads (sliding surface). For thrust bearings which are hydraulically self-levelling, two guide bearings shall be installed to define the axis of rotation. The axis of rotation is the axis passing through the centre of the two guide bearings.

In the case of water lubricated bearing with rubber layer pads, the minimum and maximum criteria for the shaft runout tolerance do not apply.

5.2.19 Step 19: Shaft seal final installation

a) Objective of work in the step

- Install the shaft seal.

b) Explanation of work

- Complete the installation and adjustment of the shaft seal.

c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

N/A

5.2.20 Step 20: Turbine guide bearing assembly and adjustment

a) Objective of work in the step

- Install the turbine guide bearing.

b) Explanation of work

- Complete the installation and adjustment of the turbine guide bearing.

c) Recommendations

The tolerances should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

This shall be coordinated with the generator guide bearing installation.

Occasionally, the turbine will have more than one guide bearing.

When the water cooling pipes are installed in the bearing oil reservoir, a pressure test should be done.

The oil reservoir and the oil circulating system should be completely cleaned-up internally by oil flushing.

5.2.21 Step 21: Guide vane apparatus final adjustment

- a) Objective of work in the step
 - Make the final adjustments to the guide vane apparatus.
- b) Explanation of work
 - Final adjustment of the guide vanes, regulating ring, servomotors, guide vane links and levers.
 - Adjustment of this system to ensure vertical and horizontal sealing of the guide vanes.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

It is typical to adjust the servomotor stroke and guide vane “pre-stressing” at this step.

In some cases, there may be a maximum guide vane leakage rate specified.

5.2.22 Step 22: Remaining turbine parts installation completion

- a) Objective of work in the step
 - Complete the remaining turbine parts installation.
- b) Explanation of work
 - Install the turbine pit walkway, handrails, instrumentation, piping, cabling, drainage pumps, air admission system, etc.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.2.23 Step 23: Cleaning, painting and inspection before initial tests

- a) Objective of work in the step
 - Perform a final clean up and painting in turbine pit.
- b) Explanation of work
 - Clean, paint and inspect.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional Information

Check all monitoring devices and electrical components for their operating ability.

All electrical signals are tested during pre-commissioning in order to ensure the operating reliability of the turbine.

Painting may also include application of corrosion protection.

5.2.24 Step 24: Turbine mechanical parts complete

This step defines the end of the process.

5.2.25 Step 25: Commissioning

This step identifies the next group of activities.

Bibliography

IEC 63132-1, *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines – Part 1: General aspects*

IEC 63132-2, *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines – Part 2: Vertical generators*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions	40
4 Organigramme d'installation	40
4.1 Composantes encastrées de la turbine	40
4.2 Composantes mécaniques de la turbine	42
5 Étapes	44
5.1 Composantes encastrées de la turbine	44
5.1.1 Étape 1: Mise en place des repères	44
5.1.2 Étape 2: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et des fondations du blindage de l'aspirateur	44
5.1.3 Étape 3: Bétonnage des fondations du blindage de l'aspirateur	45
5.1.4 Étape 4: Vérification des fondations du blindage de l'aspirateur et de l'espace de travail	45
5.1.5 Étape 5: Transfert pour installation	45
5.1.6 Étape 6: Installation des supports du blindage de l'aspirateur	45
5.1.7 Étape 7: Installation du blindage de l'aspirateur	46
5.1.8 Étape 8: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour du blindage de l'aspirateur	48
5.1.9 Étape 9: Transfert pour la phase de bétonnage	48
5.1.10 Étape 10: Bétonnage du blindage de l'aspirateur	49
5.1.11 Étape 11: Tests de détection de vides dans le béton	49
5.1.12 Étape 12: Injection de coulis derrière le blindage de l'aspirateur	50
5.1.13 Étape 13: Transfert pour installation	50
5.1.14 Étape 14: Inspection dimensionnelle du blindage de l'aspirateur après bétonnage	50
5.1.15 Étape 15: Installation des supports de l'avant-distributeur et de la bache spirale	51
5.1.16 Étape 16: Installation de l'avant-distributeur	51
5.1.17 Étape 17: Installation de la bache spirale	52
5.1.18 Étape 18: Installation du (des) cuvelage(s) et/ou des plaques d'assise des servomoteurs	54
5.1.19 Étape 19: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour de la bache spirale	55
5.1.20 Étape 20: Test de pression de la bache spirale	55
5.1.21 Étape 21: Transfert pour la phase de bétonnage	56
5.1.22 Étape 22: Bétonnage jusqu'au plancher de l'alternateur	56
5.1.23 Étape 23: Injection de coulis pour les pièces encastrées restantes de la turbine	56
5.1.24 Étape 24: Transfert pour installation	57
5.1.25 Étape 25: Inspection dimensionnelle de la bache spirale après bétonnage	57
5.1.26 Étape 26: Protection anticorrosion pour les pièces encastrées	58
5.1.27 Étape 27: Achèvement des composantes encastrées de la turbine	58
5.1.28 Étape 28: Installation des composantes mécaniques de la turbine	58
5.2 Composantes mécaniques de la turbine	58
5.2.1 Étape 1: Achèvement des composantes encastrées de la turbine	58

5.2.2	Étape 2: Usinage de l'avant-distributeur (si requis)	58
5.2.3	Étape 3: Installation du (des) cône(s) de l'aspirateur	58
5.2.4	Étape 4: Installation du flasque inférieur	59
5.2.5	Étape 5: Installation de la roue de la turbine	60
5.2.6	Étape 6: Installation de l'arbre turbine	61
5.2.7	Étape 7: Accouplement de l'arbre turbine et de la roue	61
5.2.8	Étape 8: Installation des directrices	61
5.2.9	Étape 9: Installation du flasque supérieur	62
5.2.10	Étape 10: Assemblage du carter du joint d'étanchéité de l'arbre	63
5.2.11	Étape 11: Assemblage du corps du palier guide de la turbine	63
5.2.12	Étape 12: Installation du cercle de vannage	64
5.2.13	Étape 13: Installation des servomoteurs	64
5.2.14	Étape 14: Installation des leviers et des biellettes des directrices	64
5.2.15	Étape 15: Remise du plateau d'accouplement de l'arbre turbine	65
5.2.16	Étape 16: Installation de l'alternateur	66
5.2.17	Étape 17: Accouplement des arbres turbine et alternateur	66
5.2.18	Étape 18: Alignement du groupe	67
5.2.19	Étape 19: Installation finale du joint d'étanchéité de l'arbre	68
5.2.20	Étape 20: Assemblage et ajustement du palier guide de la turbine	68
5.2.21	Étape 21: Ajustement final de l'ensemble des directrices	69
5.2.22	Étape 22: Achèvement de l'installation des composantes turbines restantes	69
5.2.23	Étape 23: Nettoyage, peinture et inspection avant les tests initiaux	69
5.2.24	Étape 24: Achèvement des composantes mécaniques de la turbine	70
5.2.25	Étape 25: Mise en service	70
	Bibliographie	71
	Figure 1 – Organigramme d'installation générique – Composantes encastrées de turbine ou pompe-turbine Francis	41
	Figure 2 – Organigramme d'installation générique des composantes mécaniques de turbine ou pompe-turbine Francis	44
	Figure 3 – Installation du blindage de l'aspirateur	47
	Figure 4 – Plan de bétonnage du blindage de l'aspirateur	49
	Figure 5 – Installation de l'avant-distributeur	52
	Figure 6 – Installation de la bêche spirale	54
	Figure 7 – Installation du flasque inférieur	60
	Figure 8 – Installation du flasque supérieur	63
	Figure 9 – Remise du plateau d'accouplement de l'arbre turbine	66
	Tableau 1 – Concentricité et continuité	48
	Tableau 2 – Élévation, niveau et parallélisme	52
	Tableau 3 – Circularité et niveau	59
	Tableau 4 – Circularité et concentricité	62
	Tableau 5 – Concentricité, niveau et élévation	65
	Tableau 6 – Mesures de la roue	67
	Tableau 7 – Mesures de l'arbre	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIGNES DIRECTRICES DES PROCÉDURES ET TOLÉRANCES
D'INSTALLATION DES MACHINES HYDROÉLECTRIQUES –

Partie 3: Turbines ou pompe-turbines Francis verticales

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 63132-3 a été établie par le comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/382/FDIS	4/392/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63132, publiées sous le titre général *Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines hydroélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020

LIGNES DIRECTRICES DES PROCÉDURES ET TOLÉRANCES D'INSTALLATION DES MACHINES HYDROÉLECTRIQUES –

Partie 3: Turbines ou pompe-turbines Francis verticales

1 Domaine d'application

L'objectif de la présente partie de l'IEC 63132 est d'établir, d'une façon générale, des procédures et des tolérances adéquates pour l'installation des turbines et alternateurs hydroélectriques. Ce document présente un assemblage typique et à chaque fois que le mot "turbine" est utilisé, il signifie une turbine ou pompe turbine Francis verticale. Il y a plusieurs façons possibles pour assembler un groupe. Les dimensions des machines, la conception des machines, le plan de la centrale et l'échéancier des livraisons des différentes composantes sont quelques éléments qui peuvent résulter en l'ajout d'étapes, l'élimination de certaines étapes et/ou des séquences d'assemblages.

Il est entendu que ce type de document sera contraignant seulement si, et dans la mesure où, les deux parties contractuelles l'ont convenu.

Ce document exclut les questions d'intérêt purement commercial, sauf celles inextricablement liées au déroulement de l'installation.

Les tolérances mentionnées dans ce document ont été déterminées selon les meilleures pratiques et l'expérience, bien qu'il soit reconnu que d'autres normes spécifient des tolérances différentes.

Partout où ce document précise que des documents, des dessins ou des renseignements sont fournis par un fabricant (ou par des fabricants), chaque fabricant fournira les informations appropriées pour leur propre approvisionnement seulement.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Organigramme d'installation

4.1 Composantes encastrées de la turbine

La Figure 1 présente l'organigramme d'installation générique des composantes encastrées de turbine ou pompe-turbine Francis.

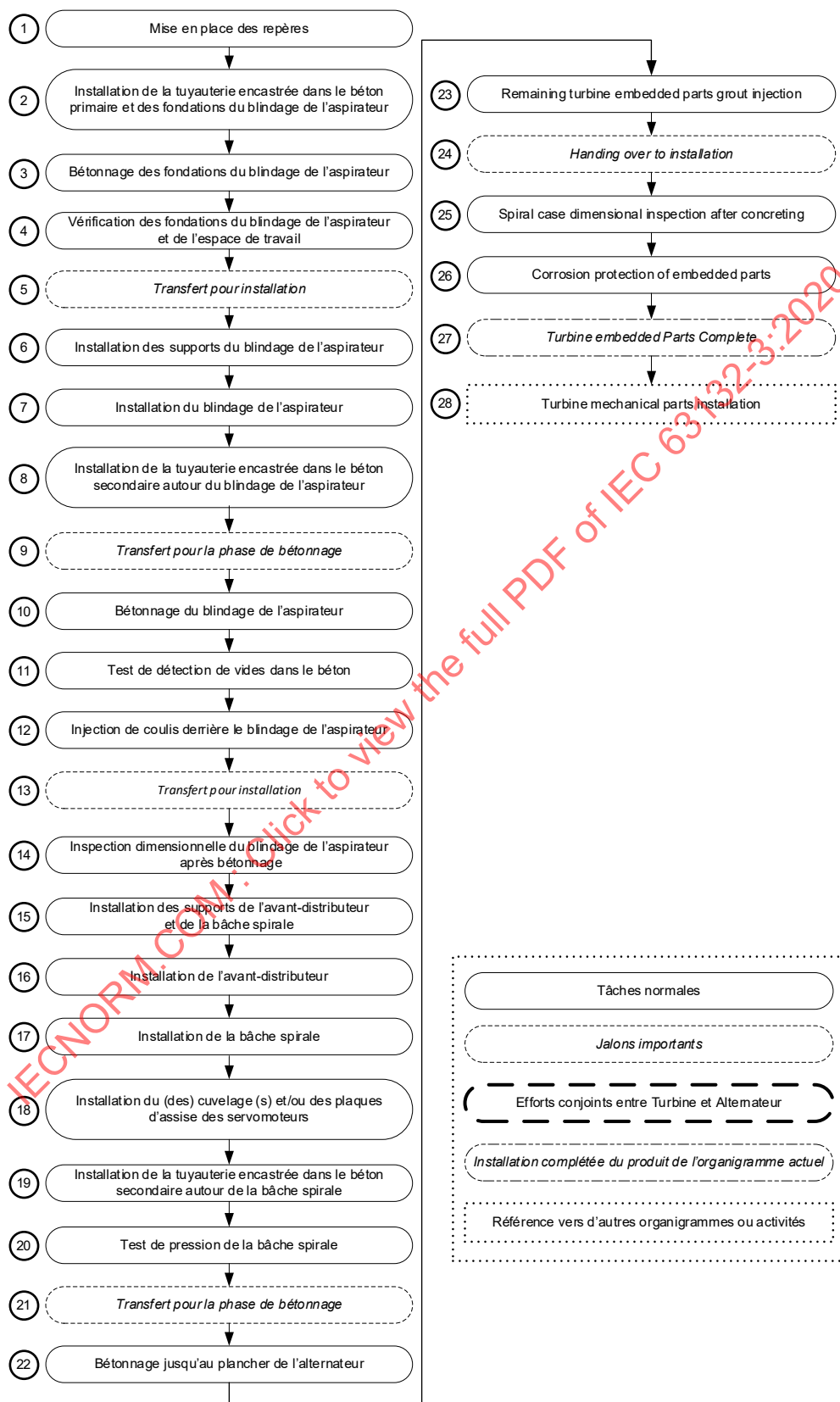
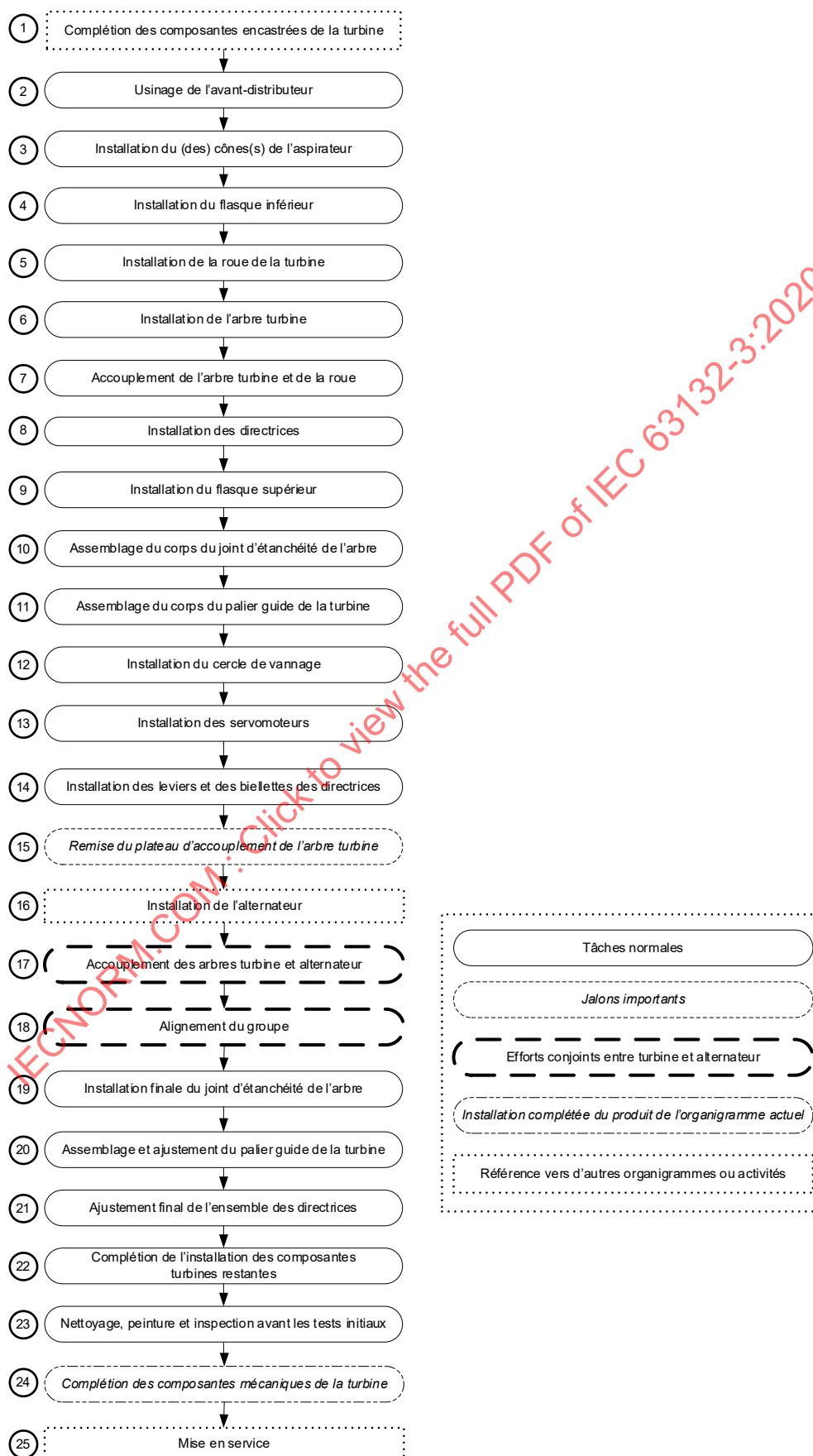


Figure 1 – Organigramme d'installation générique – Composantes encastrées de turbine ou pompe-turbine Francis

4.2 Composantes mécaniques de la turbine

La Figure 2 présente l'organigramme d'installation générique des composantes mécaniques de turbine ou pompe-turbine Francis

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-3:2020



NOTE L'installation de l'alternateur est liée à l'installation de la turbine.

**Figure 2 – Organigramme d'installation générique
des composantes mécaniques de turbine ou pompe-turbine Francis**

5 Étapes

5.1 Composantes encastrées de la turbine

5.1.1 Étape 1: Mise en place des repères

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Établir les repères qui seront utilisés pour démarrer l'installation de la turbine.
- b) Explication de la tâche
 - Il convient qu'une quantité suffisante de repères soit fournie pour établir la ligne centrale, l'axe et l'élévation du groupe.
- c) Recommandations
 - N/A
- d) Informations additionnelles

Selon le système d'exécution du projet (clé-en-main, conception-construction, etc.), les repères ou leurs points de référence pourraient être fournis par le propriétaire, le contractant du génie civil, etc. Celui qui fournit les repères ou les points de référence est responsable de s'assurer qu'ils sont corrects.

Il convient que le type de repères (coordonnées x, y, z, axes et élévations définis, etc.) soit convenu avant le commencement des travaux.

Il convient que le fournisseur/installateur de la turbine prenne soin de transférer les repères nécessaires tout au long de l'installation et/ou du bétonnage pour s'assurer que les repères demeurent accessibles pendant l'assemblage du groupe.

5.1.2 Étape 2: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et des fondations du blindage de l'aspirateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et les fondations d'acier aux endroits appropriés.
- b) Explication de la tâche
 - Installer la tuyauterie qui sera encastrée dans le béton primaire et ses systèmes de support.
 - Installer les composantes des fondations du blindage de l'aspirateur.
- c) Recommandations

Des conceptions différentes requièrent des tolérances différentes; il est donc recommandé que le fournisseur de la turbine donne les tolérances. Il est très recommandé d'effectuer:

- les contrôles non destructifs applicables (i.e. inspections visuelles, tests de pression sur la tuyauterie, tests sur les joints soudés);
- les mesures pour empêcher le béton d'entrer dans les tuyaux ou de contaminer les surfaces usinées des fondations pendant le bétonnage.

- d) Informations additionnelles

Il convient que le contrat définisse quelle partie est responsable d'installer la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et/ou les composantes des fondations du blindage de l'aspirateur.

5.1.3 Étape 3: Bétonnage des fondations du blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Bétonner les composantes des fondations du blindage de l'aspirateur et la tuyauterie dans le béton primaire.

b) Explication de la tâche

- Bétonner les composantes des fondations du blindage de l'aspirateur.

c) Recommandations

Il convient de prendre soin de ne pas endommager les composantes encastrées ou la tuyauterie lors du bétonnage.

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.4 Étape 4: Vérification des fondations du blindage de l'aspirateur et de l'espace de travail

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Confirmer que les fondations du blindage de l'aspirateur ont été installées au bon endroit, en vérifiant que le puits de l'aspirateur pour l'emplacement du blindage de l'aspirateur est conforme aux plans et qu'il y a un espace de travail suffisant.

b) Explication de la tâche

- S'assurer que les dimensions du puits de l'aspirateur respectent la conception.
- S'assurer qu'il n'y aura pas d'interférence entre les structures de béton, les tiges de renforcement, les échafaudages, etc., les ancrages de fondations, les tuyaux encastrés et le blindage de l'aspirateur.
- Lorsque l'espace de travail est jugé acceptable, les travaux d'installation de la turbine peuvent commencer.

c) Recommandations

Vérifier que les composantes des fondations du blindage de l'aspirateur et que la tuyauterie encastrée dans le béton primaire ont été installées à l'intérieur des tolérances stipulées par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.5 Étape 5: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur/installateur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- Il y a normalement un transfert officiel de l'espace de travail de l'aspirateur entre le contractant du génie civil et le fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est typiquement documenté avec l'aide de formulaires signés.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.6 Étape 6: Installation des supports du blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer les supports du blindage de l'aspirateur.

b) Explication de la tâche

- Installer les supports et les éléments d'installation (si requis) pour fixer le blindage de l'aspirateur aux plaques d'assise.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points suivants:

- contrôles non destructifs sur les portions des supports soudées au chantier (si applicable);
- vérifications dimensionnelles des supports.

d) Informations additionnelles

Dans certains cas, il serait avantageux pour le constructeur du génie civil de pouvoir entreposer les tiges d'acier de renforcement ("fers à béton") qui seront installées à l'intérieur et/ou autour de l'aspirateur. Il peut être beaucoup plus facile de déplacer les tiges de renforcement dans cet espace avant l'installation du blindage de l'aspirateur. Si tel est le cas, il convient que cela fasse l'objet de discussions et d'un accord entre les parties.

5.1.7 Étape 7: Installation du blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer le blindage de l'aspirateur (voir Figure 3).

b) Explication de la tâche

- Transporter les segments du blindage de l'aspirateur vers les fondations et les placer sur les supports.
- Souder par points les segments du blindage de l'aspirateur.
- Vérifier l'alignement et les dimensions principales du blindage de l'aspirateur avant soudage.
- Souder le blindage de l'aspirateur.
- Vérifier l'alignement et les dimensions principales du blindage de l'aspirateur après soudage.

c) Recommandations

- Il convient de vérifier les points suivants:
 - contrôles non destructifs sur les joints soudés.
 - il convient que la continuité, la concentricité de l'entrée, l'élévation, l'inclinaison (si requis) et les dimensions principales du blindage de l'aspirateur soient vérifiées de façon à être à l'intérieur des tolérances listées à l'Étape 9: Transfert pour la phase de bétonnage;
 - la fixation adéquate du blindage de l'aspirateur.

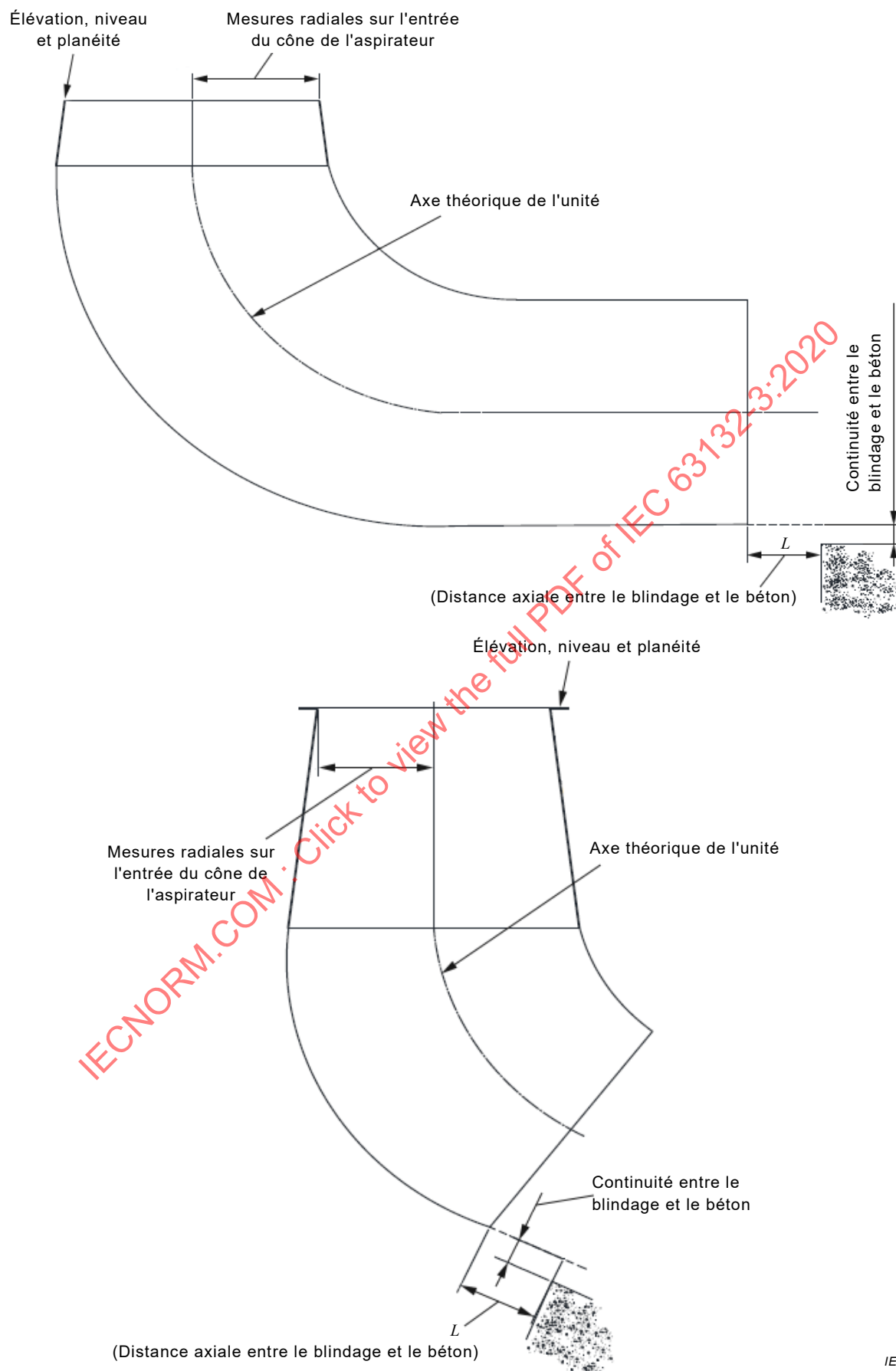
d) Informations additionnelles

Il convient que la séquence d'installation du blindage de l'aspirateur soit donnée par le fournisseur de la turbine. Voir Figure 3.

Pour certaines conceptions, un ou des nez de pile sont requis et seront installés pendant cette étape.

Si la portion aval bétonnée de l'aspirateur ne peut être complétée avant l'installation du blindage de l'aspirateur, la position de la sortie du blindage de l'aspirateur ne peut être déterminée par la méthode de continuité. Une autre méthode est donc requise pour positionner la sortie du blindage de l'aspirateur. La portion aval bétonnée serait alors adaptée à la sortie du blindage de l'aspirateur.

Une quantité adéquate de supports et d'entretoises est requise pour empêcher le blindage de l'aspirateur de bouger ou de se déformer pendant la deuxième étape de bétonnage.



IEC

Figure 3 – Installation du blindage de l'aspirateur

5.1.8 Étape 8: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour du blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer les tuyaux qui seront encastrés dans le béton secondaire.

b) Explication de la tâche

- Installer les tuyaux qui seront encastrés, dans le puits de l'aspirateur, avant le bétonnage secondaire.

c) Recommandations

- Il convient de vérifier les points suivants:
 - les contrôles non destructifs applicables (i.e. Inspections visuelles, tests de pression sur la tuyauterie, tests sur les joints soudés);
 - vérifications dimensionnelles des emplacements des tuyaux.
- Il convient de considérer les mesures préventives suivantes:
 - supporter la tuyauterie pour l'empêcher d'être déplacée ou endommagée durant le bétonnage;
 - couvrir/bloquer les ouvertures des tuyaux pour empêcher le béton d'entrer à l'intérieur des tuyaux durant le bétonnage.

d) Informations additionnelles

La tuyauterie encastrée dans le béton secondaire pourrait inclure la tuyauterie de drainage de l'aspirateur/bâche spirale, la tuyauterie d'équilibrage de la poussée axiale, les connexions des prises de pression pour les besoins de test et de surveillance, etc.

5.1.9 Étape 9: Transfert pour la phase de bétonnage

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au constructeur du génie civil.

b) Explication de la tâche

- Il convient que le fournisseur de la turbine confirme que le blindage de l'aspirateur a été installé et aligné correctement et est prêt pour le bétonnage.
- Il y a normalement un transfert officiel de l'espace de travail de l'aspirateur entre le constructeur du génie civil et le fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est typiquement documenté avec l'aide de formulaires signés.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Concentricité et continuité

Item	Tolérance	Nombre minimum de mesures	Emplacement des mesures
Concentricité de l'entrée	0,1 % du diamètre de la roue (RD)	8 ^a quand RD < 4 m 16 ^a quand RD ≥ 4 m	Surface supérieure
Continuité	± 5 % de L (mm)	8 quand RD < 4 m 16 quand RD ≥ 4 m	La différence entre la sortie du blindage de l'aspirateur et le début de la portion aval bétonnée de l'aspirateur.
NOTE Voir la Figure 3 pour la définition de L.			
^a Si l'entrée du blindage de l'aspirateur contient une plaque d'assise usinée, moins de points de mesures seront alors requis car la rigidité du blindage de l'aspirateur assurera la circularité.			

En plus des mesures ci-dessus, il convient de vérifier l'élévation, le niveau, l'inclinaison, la circularité, l'orientation dans le plan et les dimensions principales. Il convient que les valeurs de ces tolérances soient données par le fournisseur de la turbine.

Les tolérances des dimensions principales sont définies par les requis hydrauliques décrits dans les plans appropriés du fournisseur de la turbine.

Il convient que le blindage de l'aspirateur soit concentrique à l'axe théorique du groupe (repères) et la ligne centrale.

d) Informations additionnelles

Les tolérances dépendent de la conception de la méthode de connexion entre le cône et le blindage de l'aspirateur, celle-ci pouvant être soudée ou boulonnée.

Les lectures de niveau peuvent aussi être utilisées pour vérifier l'élévation et l'inclinaison.

5.1.10 Étape 10: Bétonnage du blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Bétonner le blindage de l'aspirateur.

b) Explication de la tâche

- Installer les renforts, placer les coffrages et ensuite bétonner.

c) Recommandations

Il convient que la vitesse de bétonnage, la hauteur des coulées/étapes et les différences de niveaux permis soient convenues entre les parties concernées durant les phases préliminaires du développement du projet, étant donné les impacts critiques (à l'échéancier et au budget) reliés à la conception et à l'installation du blindage de l'aspirateur.

d) Informations additionnelles

Il convient qu'un soin particulier soit pris lors du bétonnage pour ne pas endommager les composantes qui seront encastrées et la tuyauterie.

La Figure 4 montre un exemple d'un plan de bétonnage.

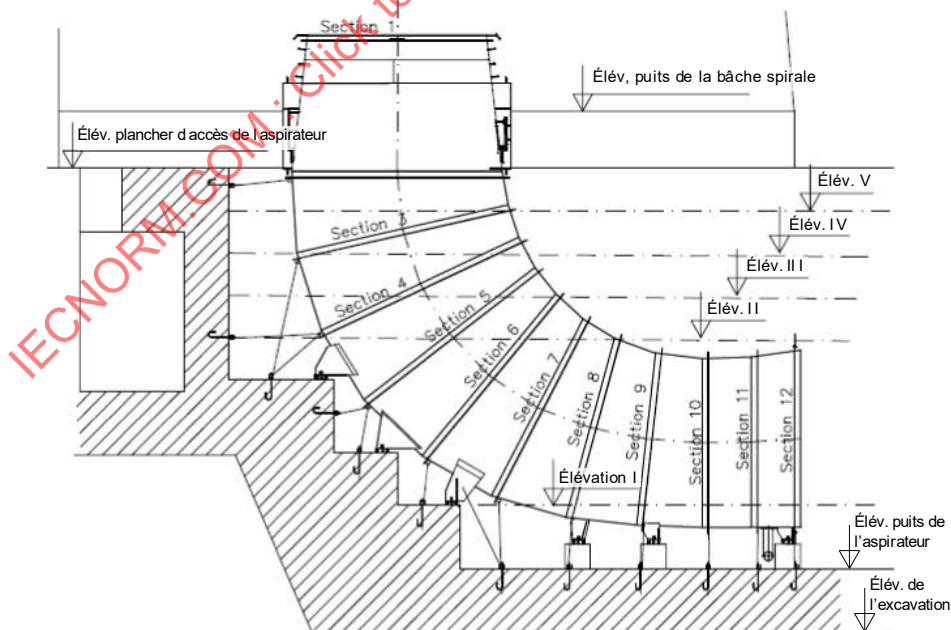


Figure 4 – Plan de bétonnage du blindage de l'aspirateur

5.1.11 Étape 11: Tests de détection de vides dans le béton

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer s'il y a des espaces vides entre le blindage de l'aspirateur et le béton.

b) Explication de la tâche

- Une méthode simple pour détecter les espaces vides est de taper sur la surface intérieure du blindage de l'aspirateur avec un marteau.

c) Recommandations

Bien qu'il n'y ait pas de normes établies pour déterminer la quantité de vides qui nécessite l'injection de coulis, il est recommandé qu'une surface unique plus grande que 0,1 m² à 0,2 m², selon la taille du groupe, soit injecté de coulis. Il convient qu'un minimum de 80 % du blindage soit aussi fermement en contact avec le béton.

d) Informations additionnelles

Les surfaces où il n'y a pas contact entre le blindage de l'aspirateur et le béton sonnera différemment (résonance) lorsque frappées avec un marteau.

5.1.12 Étape 12: Injection de coulis derrière le blindage de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Remplir les espaces vides entre le blindage de l'aspirateur et le béton en injectant du coulis.

b) Explication de la tâche

- Percer des trous et fixer les connections pour l'injection du coulis.
- Percer des trous d'évent
- Remplir les espaces vides en injectant le coulis.

c) Recommandations

Il convient que la détection des espaces vides soit répétée après l'injection du coulis pour s'assurer qu'aucun espace vide ne soit laissé.

d) Informations additionnelles

Il convient que la pression d'injection soit déterminée durant les phases préliminaires du développement du projet, étant donné les impacts critiques (à l'échéancier et au budget) reliés à la conception du blindage de l'aspirateur. Certains propriétaires spécifieront la pression d'injection.

Les pressions hydrostatiques typiques d'injection se situent entre 50 kPa et 200 kPa.

5.1.13 Étape 13: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur/installateur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- Il y a normalement un transfert officiel de l'espace de travail de l'aspirateur entre le constructeur du génie civil et le fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est typiquement documenté à l'aide de formulaires signés.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.14 Étape 14: Inspection dimensionnelle du blindage de l'aspirateur après bétonnage

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer si les dimensions et la position du blindage de l'aspirateur ont changé lors du bétonnage.

b) Explication de la tâche

- Les mesures sont prises pour confirmer que le blindage de l'aspirateur ne s'est pas déformé ou n'a pas bougé pendant le bétonnage.

c) Recommandations

Confirmer, après bétonnage, que la concentricité est à l'intérieur de la tolérance spécifiée à l'Étape 9: Transfert pour la phase de bétonnage. Il convient que l'élévation et le niveau soient aussi vérifiés pour confirmer s'ils sont à l'intérieur des tolérances données par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

Le centre du blindage de l'aspirateur deviendra le Centre de Référence pour l'installation de l'avant-distributeur et du flasque inférieur.

Dans certains cas, selon la conception du blindage de l'aspirateur, le centre du blindage de l'aspirateur ne deviendra pas le centre de référence pour l'installation de l'avant-distributeur. Dans ces cas, le centre théorique du groupe sera le centre de référence pour l'avant-distributeur.

L'élévation réelle du blindage de l'aspirateur peut influencer l'installation des composantes restantes de la turbine et de l'alternateur.

5.1.15 Étape 15: Installation des supports de l'avant-distributeur et de la bêche spirale

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer les supports de l'avant-distributeur et de la bêche spirale.

b) Explication de la tâche

- Installer les supports de l'avant-distributeur et de la bêche spirale.
- La nature, la quantité et la position des supports seront déterminées par le fournisseur de la turbine.

c) Recommandations

Il convient que les tolérances soient données par le fournisseur de la turbine. L'emplacement, l'élévation et le niveau des supports de l'avant-distributeur et de la bêche spirale peuvent avoir besoin d'être vérifiés selon la conception.

d) Informations additionnelles

Selon la conception des supports, un bétonnage intermédiaire peut être nécessaire.

5.1.16 Étape 16: Installation de l'avant-distributeur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer l'avant-distributeur (voir Figure 5).

b) Explication de la tâche

- Assembler l'avant-distributeur.
- Installer, aligner (centre, niveau, élévation, etc.) et ancrer l'avant-distributeur.
- Souder les joints de l'avant-distributeur (si applicable).

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points suivants:

- la circularité et les dimensions de l'avant-distributeur, de façon à satisfaire les tolérances listées à l'Étape 17: Installation de la bêche spirale;
- l'orientation dans le plan;
- la déformation de l'avant-distributeur, à intervalles réguliers, pendant le soudage;
- les contrôles non destructifs sur les joints de soudure.

d) Informations additionnelles

N/A

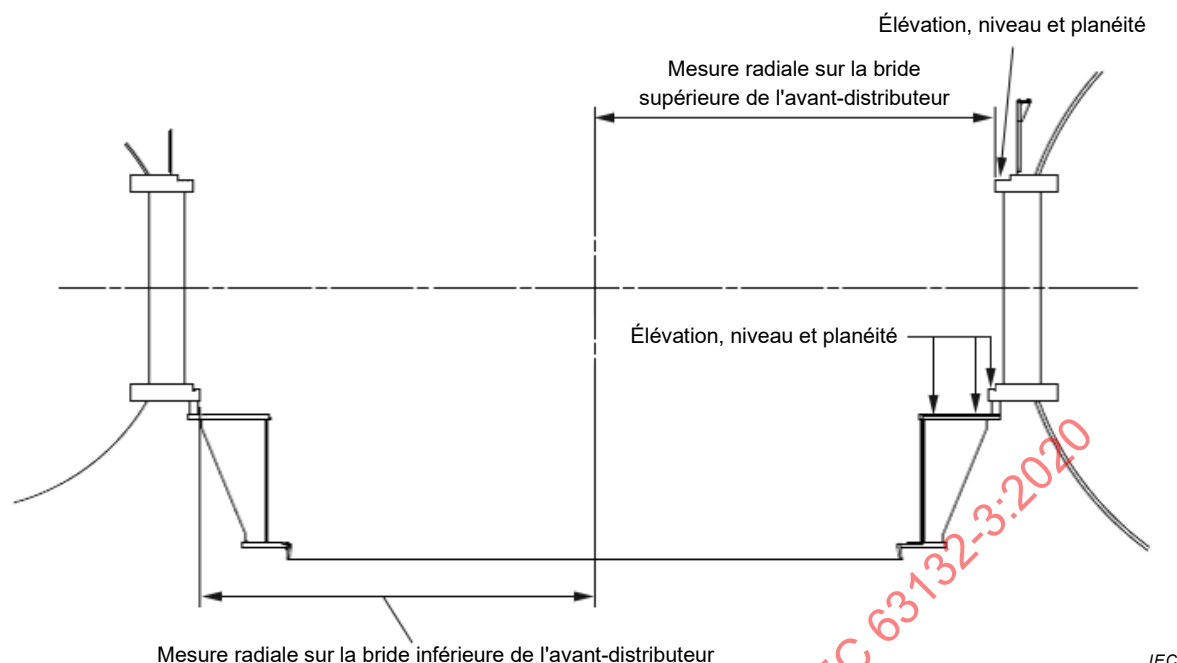


Figure 5 – Installation de l'avant-distributeur

5.1.17 Étape 17: Installation de la bâche spirale

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer la bâche spirale.

b) Explication de la tâche

- Assembler et souder par points la bâche spirale.
- Souder les segments de la bâche spirale.
- Souder la bâche spirale à l'avant-distributeur.
- Souder la pièce de connexion (tuyau/conduite forcée) à la bâche spirale.
- Installer les renforts intérieurs (si applicable) et les ancrages externes pour la bâche spirale.
- Inspecter l'alignement de la bâche spirale et de l'avant-distributeur après avoir achevé le soudage de la bâche spirale.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points indiqués dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Élévation, niveau et parallélisme

Item	Tolérance	Nombre minimum de mesures	Emplacement des mesures
Élévation de l'avant-distributeur	± 3 mm	La moitié du nombre de directrices	Soit la bride supérieure, la bride inférieure ou les centres identifiés des avant-directrices, selon la conception
Niveau de l'avant-distributeur	0,05 mm/m ^a	La moitié du nombre de directrices sur chaque bride d'assise	Chaque bride
Parallélisme	20 % du total des jeux au-dessus et en-dessous des directrices (mm)	La moitié du nombre de directrices	Chaque bride

^a Les tolérances sont basées sur le diamètre des brides; par exemple, pour un diamètre de bride de 5 m, la tolérance sur le niveau est de 0,25 mm.

En plus des requis ci-dessus, il convient de vérifier la concentricité de l'avant-distributeur, la circularité de l'avant-distributeur, la concentricité de l'entrée de la bêche spirale, l'inclinaison de la bêche spirale, la planéité de l'avant-distributeur, l'orientation dans le plan et les dimensions principales de la bêche spirale. Il convient que les valeurs de ces tolérances soient données par le fournisseur de la turbine.

Il convient que l'avant-distributeur soit installé de manière à ce que la ligne centrale des avant-directrices coïncide avec l'élévation théorique. Il convient que le fournisseur de la turbine donne les dimensions principales à partir de la ligne centrale des avant-directrices jusqu'aux brides d'assises inférieure et supérieure (mesurées en usine), même si le centre est identifié sur l'avant-distributeur.

Il convient que l'avant-distributeur soit installé de façon concentrique au centre du blindage de l'aspirateur encastré.

Il convient que l'entrée de la bêche spirale soit installée de façon concentrique au centre de la conduite forcée. Selon la conception, l'inclinaison, l'ondulation et la continuité à l'entrée de la bêche spirale peuvent avoir besoin d'être vérifiées pour assurer une connexion adéquate à la conduite forcée ou aux tuyaux d'entrée. Voir Figure 6.

Vérifier, à intervalles réguliers, la déformation de l'avant-distributeur pendant le soudage.

Il convient d'effectuer les contrôles non destructifs sur les joints de soudure.

d) Informations additionnelles

Il convient que le fournisseur de la turbine donne la séquence d'installation pour la bêche spirale.

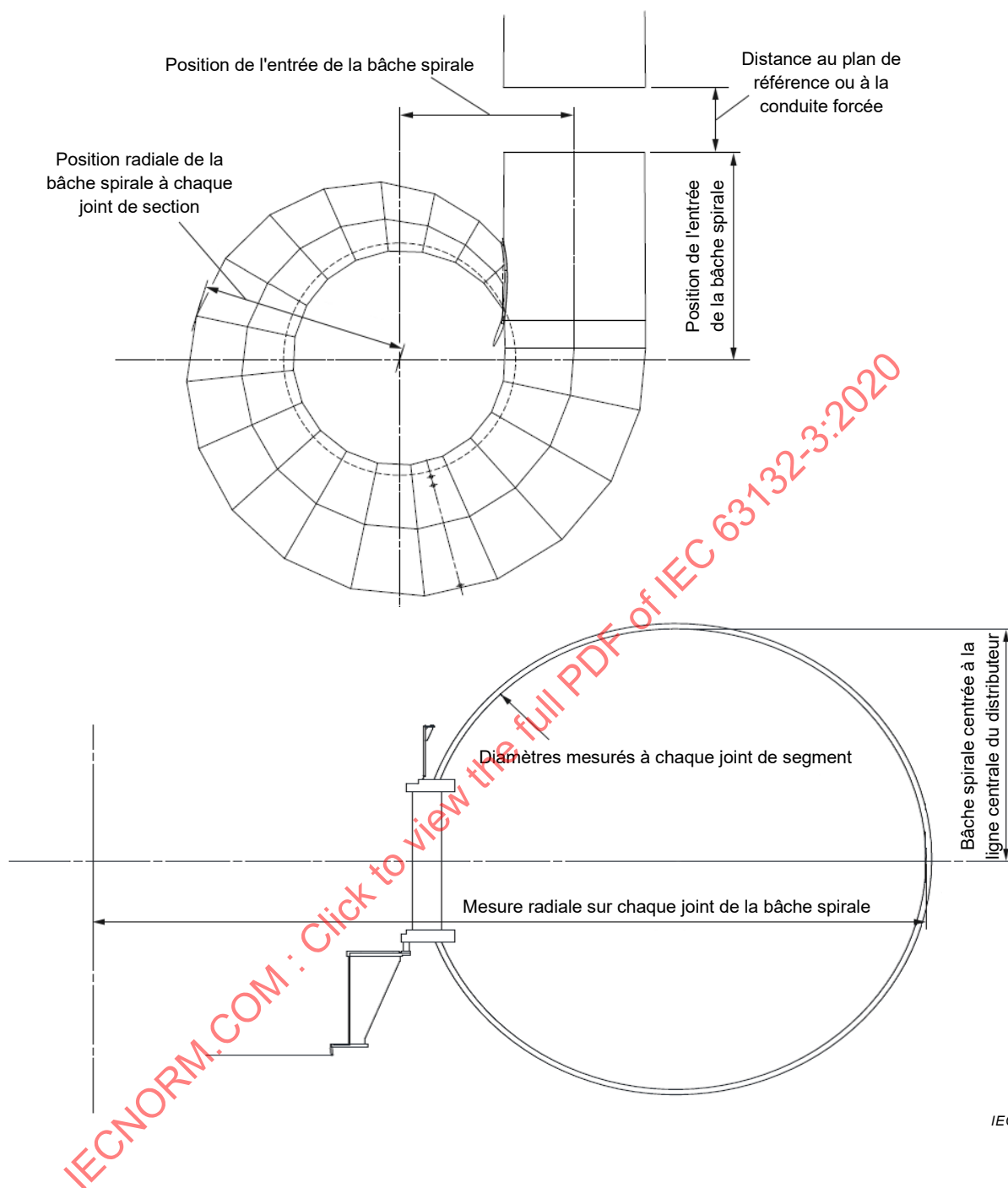
Selon la quantité d'ajustement radial du flasque inférieur dans l'avant-distributeur, le centre de l'avant-distributeur peut devenir la référence pour installer le flasque inférieur. Dans les cas où il y a beaucoup d'ajustement radial entre le flasque inférieur et l'avant-distributeur, le centre du blindage de l'aspirateur peut demeurer le centre de référence pour installer le flasque inférieur. Le fournisseur de la turbine doit déterminer quelle composante il convient d'être le centre de référence pour le flasque inférieur et communiquer cette décision avant l'installation de l'avant-distributeur.

Dans certains cas, l'extérieur de la bêche spirale est protégé contre la corrosion.

Dans le cas où le cône de l'aspirateur et le flasque inférieur sont encastrés, ceux-ci peuvent être encastrés avec la bêche spirale. Ces composantes sont installées avant ou après l'installation de l'avant-distributeur et de la bêche spirale, selon la conception. Les tolérances sont les mêmes qu'à l'Étape 4: Installation du flasque inférieur dans les Composantes mécaniques de la turbine.

Pour le cône de l'aspirateur encastré, les étapes suivantes sont considérées:

- assembler le cône de l'aspirateur;
- installer le cône de l'aspirateur sur le blindage de l'aspirateur (quelquefois temporairement);
- assembler le flasque inférieur;
- installer le flasque inférieur sur l'avant-distributeur;
- connecter le flasque inférieur au cône de l'aspirateur;
- inspecter l'alignement du flasque inférieur et de l'avant-distributeur.



IEC

Figure 6 – Installation de la bâche spirale

5.1.18 Étape 18: Installation du (des) cuvelage(s) et/ou des plaques d'assise des servomoteurs

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer le(les) cuvelage(s) et/ou les plaques d'assise des servomoteurs.

b) Explication de la tâche

- Selon la conception de la turbine, il y a plusieurs étapes possibles requises. Quelques étapes typiques incluent:
 - assembler les segments du cuvelage;
 - aligner les fondations des servomoteurs;
 - souder le cuvelage à l'avant-distributeur.

c) Recommandations

Il convient que l'élévation et l'orientation des ancrages des servomoteurs et des tuyaux encastrés soient vérifiées, si applicable. Il convient que les valeurs de ces tolérances soient données par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.19 Étape 19: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour de la bâche spirale

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer la tuyauterie qui sera encastrée.

b) Explication de la tâche

- Installer les tuyaux autour de la bâche spirale avant le bétonnage final.

c) Recommandations

Il convient d'effectuer les contrôles non destructifs (c'est-à-dire les inspections visuelles, les tests de pression, les tests des joints soudés) et des vérifications dimensionnelles sur la position des tuyaux.

Il convient de considérer les mesures préventives suivantes:

- supporter la tuyauterie pour l'empêcher d'être déplacée ou endommagée durant le bétonnage;
- couvrir/bloquer les ouvertures des tuyaux pour empêcher le béton d'entrer à l'intérieur des tuyaux durant le bétonnage.

d) Informations additionnelles

La tuyauterie encastrée dans le béton secondaire pourrait inclure la tuyauterie de drainage de l'aspirateur/bâche spirale, la tuyauterie d'équilibrage de la poussée axiale, les connexions des prises de pression pour les besoins de test et de surveillance, etc.

5.1.20 Étape 20: Test de pression de la bâche spirale

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Vérifier les déformations et l'intégrité (étanchéité à l'eau) de la bâche spirale lorsque pressurisée.
- Relâcher quelques zones de contraintes dans les soudures, ce qui améliorera la tenue à la fatigue de la bâche spirale.

b) Explication de la tâche

- Fermer toutes les entrées et sorties de la bâche spirale, incluant tous les tuyaux, avec des bouchons temporaires.
- Remplir d'eau la bâche spirale.
- Pressuriser la bâche spirale.
- Vérifier les fuites.

c) Recommandations

150 % de la pression de conception est normalement la pression utilisée pour ce test. Il convient que la pression de test, la durée et les paramètres soient donnés par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

Selon les conceptions du génie civil et de la mécanique, le test de pression peut ne pas être requis.

Le fournisseur de la turbine établit typiquement une procédure de pressurisation qui définit le nombre d'étapes, la durée de chaque étape, la pression de chaque étape, etc.

Dans le but de rendre la détection de fuite plus facile, il est utile de contrôler la température de l'eau pour qu'elle soit plus haute que le point de rosée de l'air ambiant pour éviter la condensation sur les surfaces. Cependant, dépendant de la taille de la bâche spirale et des conditions du site, cette méthode n'est pas toujours possible.

La pression de la bâche spirale devra être contrôlée tout au long du test.

5.1.21 Étape 21: Transfert pour la phase de bétonnage

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au contractant du génie civil.

b) Explication de la tâche

- Il y a normalement un transfert officiel de l'espace de travail entre le constructeur de génie civil, le propriétaire et le fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est typiquement documenté à l'aide de formulaires signés.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

Avant le transfert, quelques mesures sont requises pour prévenir la distorsion de la bâche spirale durant le bétonnage et/ou des transferts de charge excessifs aux structures de génie civil pendant la mise en service.

Quelques méthodes habituelles sont:

- garder la bâche spirale pressurisée à une pression inférieure à celle du test;
- fournir et installer des renforts dans la bâche spirale;
- appliquer un recouvrement élastique à certaines portions extérieures de la bâche spirale.

5.1.22 Étape 22: Bétonnage jusqu'au plancher de l'alternateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Bétonner toutes les pièces encastrées incluant, mais sans se limiter à, l'avant-distributeur, la bâche spirale, le cuvelage (si applicable) et les ancrages des composantes, les plaques d'assise et les tuyaux de la turbine et de l'alternateur.

b) Explication de la tâche

- Bétonner les composantes encastrées restantes.

c) Recommandations

Il convient que la vitesse de bétonnage, la hauteur des coulées/étapes et les différences de niveaux permis soient convenues entre les parties concernées durant les phases préliminaires du développement du projet, étant donné les impacts critiques (à l'échéancier et au budget) reliés à la conception et à l'installation des pièces encastrées.

d) Informations additionnelles

Il convient qu'un soin particulier soit pris lors du bétonnage pour ne pas endommager les composantes qui seront encastrées et la tuyauterie.

Si des composantes de l'alternateur doivent être encastrées dans le béton primaire, ceci doit être considéré durant cette étape.

5.1.23 Étape 23: Injection de coulis pour les pièces encastrées restantes de la turbine

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Remplir les espaces vides entre les pièces récemment encastrées et le béton avec du coulis.

b) Explication de la tâche

- Il convient que des zones d'injections prédéfinies soient utilisées pour y injecter le coulis lorsque nécessaire.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

En fonctionnement, la bêche spirale prend de l'expansion en raison de la pression de l'eau. Pour limiter les transferts de charge au béton, il est avantageux d'avoir un peu d'espace entre le béton et la bêche spirale lorsque celle-ci n'est pas pressurisée. Dans ce cas, seule la zone de connexion inférieure entre la bêche spirale et l'avant-distributeur sera injectée de coulis.

Une autre méthode pour limiter les charges transférées au béton est d'avoir un certain type de matériau élastique entre la bêche spirale et le béton. Dans ce cas, l'injection de coulis n'est seulement effectuée que dans des zones non-couvertes de matériau élastique.

Normalement, les composantes encastrées restantes reçoivent l'injection de coulis. En raison de la rigidité de ces composantes encastrées, il n'y a pas de méthode efficace pour détecter les vides dans le béton. Pour cette raison et du fait de leur géométrie, les composantes sont souvent fournies avec des trous et des événements pour effectuer l'injection de coulis efficacement.

Il convient que la pression d'injection soit déterminée durant les phases préliminaires du développement du projet, étant donné les impacts critiques (à l'échéancier et au budget) reliés à la conception des pièces encastrées.

Les pressions hydrostatiques typiques d'injection se situent entre 50 kPa et 200 kPa.

5.1.24 Étape 24: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur/installateur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- Il y a normalement un transfert officiel de l'espace de travail entre le constructeur de génie civil et le fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est typiquement documenté avec l'aide de formulaires signés.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.25 Étape 25: Inspection dimensionnelle de la bêche spirale après bétonnage

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer la forme et la position de l'avant-distributeur et de la bêche spirale après bétonnage.

b) Explication de la tâche

- Prendre les mesures.

c) Recommandations

Il convient de vérifier la concentricité, l'élévation et le niveau de l'avant-distributeur et de la bêche spirale pour voir si les mesures, prises à l'Étape 17: Installation de la bêche spirale, ont changé après le bétonnage.

d) Informations additionnelles

Selon la conception des composantes ou si les composantes ont été déformées ou déplacées pendant le bétonnage, quelques ajustements comme un ré-usinage, du meulage ou la pose de cales peuvent être nécessaires sur les surfaces usinées pour les remettre à l'intérieur des tolérances.

5.1.26 Étape 26: Protection anticorrosion pour les pièces encastrées

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Protéger les pièces encastrées, du côté des surfaces mouillées, contre la corrosion.
- b) Explication de la tâche
 - Drainer l'eau située entre la bache spirale et l'aspirateur.
 - Enlever tout renfort intérieur entre la bache spirale et l'aspirateur.
 - Préparer les composantes pour la protection anticorrosion.
 - Appliquer la protection anticorrosion.
- c) Recommandations

Il convient que les spécifications de la protection anticorrosion soient données par le fournisseur de la turbine.
- d) Informations additionnelles

N/A

5.1.27 Étape 27: Achèvement des composantes encastrées de la turbine

Cette étape définit la fin de ce processus.

5.1.28 Étape 28: Installation des composantes mécaniques de la turbine

Cette étape identifie le début du prochain groupe d'activités.

5.2 Composantes mécaniques de la turbine

5.2.1 Étape 1: Achèvement des composantes encastrées de la turbine

Cette étape identifie la fin du groupe d'activités précédent.

5.2.2 Étape 2: Usinage de l'avant-distributeur (si requis)

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Usiner l'avant-distributeur.
- b) Explication de la tâche
 - Mesurer les brides inférieure et supérieure de l'avant-distributeur.
 - Usiner les surfaces requises.
- c) Recommandations

Il convient de vérifier le niveau, le parallélisme, la circularité, la concentricité et l'élévation.

Il convient que le nombre de points de mesure de niveau, de parallélisme, de circularité, de concentricité et d'élévation ne soit pas inférieur à la moitié du nombre d'avant-directrices.

Il convient que les tolérances des points mentionnés ci-dessus soient données par le fournisseur de la turbine.
- d) Informations additionnelles

Pour certaines conceptions, des composantes additionnelles, telles que l'anneau de décharge (manteau de roue) ou l'assise des anneaux de labyrinthe, peuvent nécessiter un usinage.

5.2.3 Étape 3: Installation du (des) cône(s) de l'aspirateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer le cône de l'aspirateur.
- b) Explication de la tâche
 - Fixer le cône de l'aspirateur au blindage de l'aspirateur encastré.