



EXT-571484B

RJH - B

L

Département/Service : TEGG / GENIE CIVIL

Le - 8 JUIN 2007

Rédacteur : JM DEBATTISTA

Nombre de pages : 130

Nombre d'annexes : 1 (8 pages)

TITRE :

RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules
Horowitz – Partie 2 : Construction »

Référence

Indice

Etat

EOTP ou Ordre interne

E D T GC 070054 A

B236011231

TYPE DE DOCUMENT : ETUDE TECHNIQUE

DOMAINES METIER ET MOTS-CLES : RJH – RCCG – CONSTRUCTION – GENIE CIVIL -

DOCUMENTS ASSOCIES :

Résumé : Cette note constitue les règles de conception et de construction du génie civil du Réacteur Jules Horowitz – partie 2 : Construction.

<input checked="" type="checkbox"/>	Libre	Document public
<input type="checkbox"/>	EDF	Ne peut être transmis à l'extérieur d'EDF que par un Chef de Service
<input type="checkbox"/>	Restreinte	L'initiateur établit une liste explicite des destinataires Chacun d'eux peut étendre la diffusion sous sa responsabilité et dans sa Direction (sur la base d'une liste explicite)
<input type="checkbox"/>	Confidentielle	L'initiateur établit une liste nominative des destinataires Chacun d'eux reçoit un exemplaire numéroté et ne peut étendre la diffusion sans l'accord de l'initiateur.
Inventaire protection	Sous famille : ETC-C	Sensibilité (S) : 0
Archivage sécurisé : durée > 10 ans <input checked="" type="checkbox"/>	Archivage sécurisé : durée ≤ 10 ans <input type="checkbox"/>	Copyright EDF 2007

Clt : G12/03

EDF ceidre	FICHE DE CONTROLE ET DE DIFFUSION EDTGC070054	Indice A PREL	Page 2 / 130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Domaine d'application : RJH			
<i>Palier :</i>		<i>Centrale :</i>	
<i>Tranche :</i>			
Document important pour la sûreté :	Oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	
Document concernant la disponibilité :	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>	
Document HPIC ¹	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>	
Vérification indépendante :	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	Par EDF : <input type="checkbox"/>	En ligne : <input type="checkbox"/> En cours : <input type="checkbox"/>
demandée ¹ :	Hors EDF : <input type="checkbox"/>	En différé : <input type="checkbox"/>	Effectuée : <input type="checkbox"/>
Responsable vérification (Nom, Service/Société) :			
Pré diffusion formalisée : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Après de : Technicatome : JP ESTEVE	

DIFFUSION INTERNE DIRECTION PRODUCTION INGENIERIE

Destinataire interne CEIDRE	Nb	Destinataire externe	Nb
		SEPTEN : B CHAU – E GALLITRE – M. TRON	3
		CNEN : Ph PUGET – P.A. NAZE	2
		CNEN/TECHNICATOME : JP ESTEVE – B BOUCHIER – G ITHURRALDE – C LEYDIER	4

DIFFUSION EXTERNE

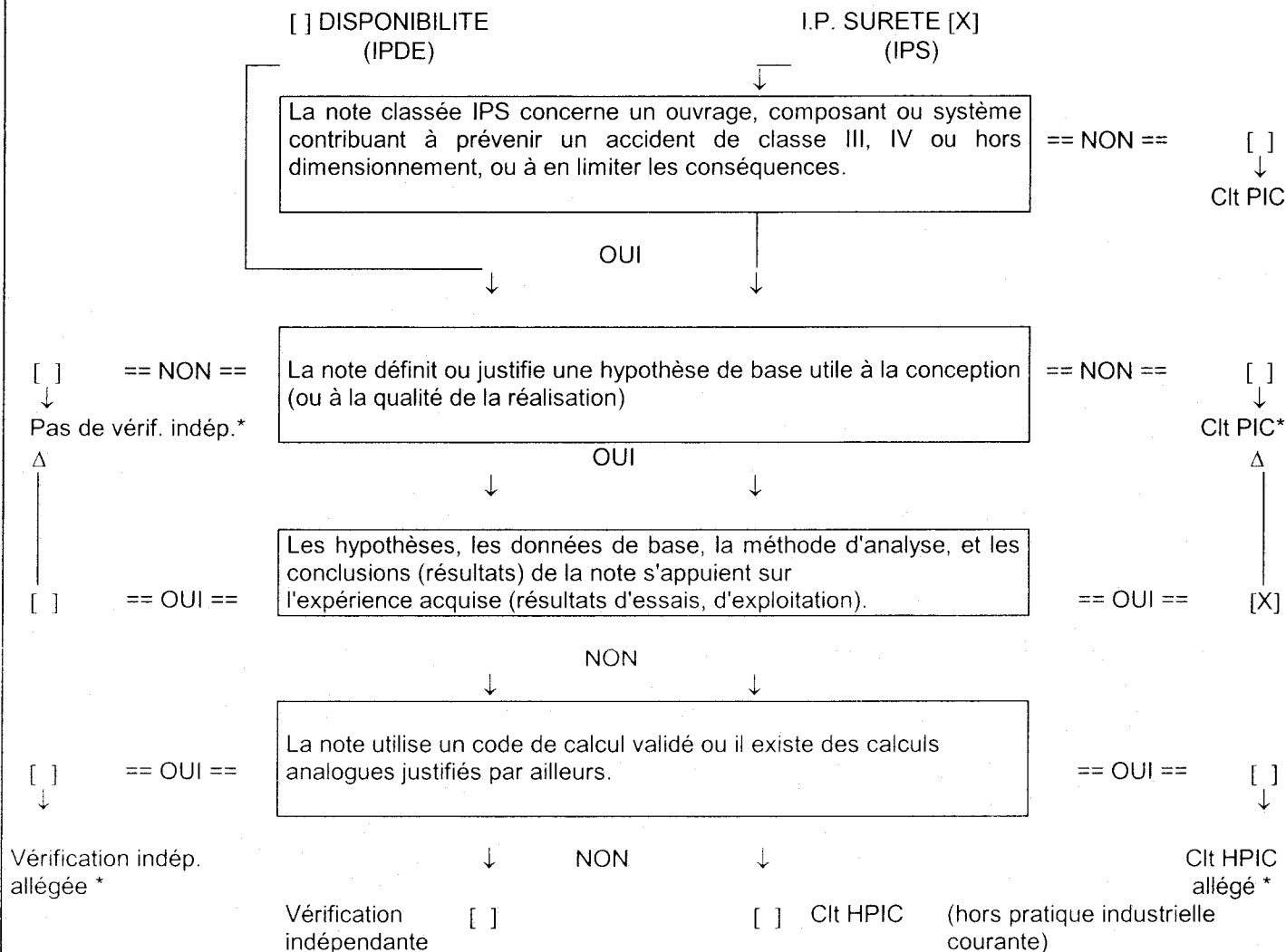
Destinataire externe DIRECTION PRODUCTION INGENIERIE	Nb	Destinataire externe EDF	Nb

INDICE	REDACTEUR			VERIFICATEUR			APPROBATEUR		
	NOM	DATE	VISA	NOM	DATE	VISA	NOM	DATE	VISA
A	J.M.DEBATTISTA	16/05/07		C. LE BELLEGO	7/6/07		J. OLIVIER	08/06/07	

¹ A ne renseigner que pour les notes d'étude en appliquant le logigramme de la doctrine documentaire (NA-M.08-01)

FICHE DE CLASSEMENT PIC/HPIC - VERIFICATION INDEPENDANTE

LOGIGRAMME



NOTA : En particulier sont PIC :

- les notes qui ne font que reconduire un document relatif à un projet pris comme référence.
- les notes constituant une mise en application de principes définis et de résultats antérieurs justifiés par ailleurs, notamment calculs répétitifs dont l'ordre de grandeur se situe dans un domaine connu.

JUSTIFICATION

* Justifier la réponse et donner les références nécessaires :

La note s'appuie sur les documents existants, le RCCG, l'ETC-C, sur la normalisation française et européenne, sur le retour d'expérience des travaux de gros œuvre et les règles de l'art des organisations professionnelles. Elle est donc classée PIC (Pratique Industrielle Courante).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 4/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

MISE A JOUR

- REVISION A : Première diffusion

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 5/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

SOMMAIRE

2.0	PRINCIPES GENERAUX.....	13
2.0.1	NORMES.....	13
2.0.2	MARQUES NATIONALES, CERTIFICATIONS, HOMOLOGATIONS, AGREMENTS.....	13
2.0.3	LABORATOIRES, ORGANISMES.....	13
2.0.4	TOLERANCES D'EXECUTION.....	13
2.0.6.1	Règles de conception et de réalisation de centrales nucléaires autres que RCCG-RJH (partie 1 et 2) ...	14
2.0.6.2	Fascicules interministériels.....	14
2.0.6.3	Normes.....	14
2.0.6.4	Autres documents.....	14
2.1	TERRASSEMENTS ET TRAITEMENTS DE SOL.....	15
2.1.1	MODELE GEOLOGIQUE.....	15
2.1.1.1	Etablissement du modèle géologique.....	15
2.1.1.2	Phases d'études.....	15
2.1.1.3	Détermination des caractéristiques des terrains.....	16
2.1.1.3.1	Caractéristiques géologiques.....	16
2.1.1.3.2	Identification et caractéristiques mécaniques des terrains de fondation.....	18
2.1.1.3.3	Caractéristiques hydrogéologiques.....	19
2.1.2	CONFORTEMENT OU AMELIORATION DU SOL.....	20
2.1.2.1	Procédés.....	21
2.1.2.2	Contrôles.....	21
2.1.3	Terrassement des terrains support des ouvrages de génie civil.....	21
2.1.3.1	Déblais meubles.....	21
2.1.3.1.1	Réalisation et caractérisation.....	21
2.1.3.1.2	Contrôles.....	21
2.1.3.2	Déblais rocheux.....	22
2.1.3.2.1	Réalisation.....	22
2.1.3.2.2	Contrôles.....	22
2.1.3.3	Remblais.....	22
2.1.3.3.1	Réalisation et caractérisation.....	22
2.1.3.3.2	Contrôles.....	23
2.1.4	MISE HORS D'EAU DES FOUILLES.....	23
2.1.5	Réception de fond de fouilles et contrôle.....	24
2.1.5.1	Objectifs des levés géologiques.....	24
2.1.5.2	Méthodologie de réception.....	25
2.1.5.3	Phases de réception.....	25
2.1.5.4	Protection du fond de fouille avant la réalisation des ouvrages.....	25
2.1.6	Bétons de blocage et de substitution (SUR FONDATION ROCHEUSE).....	25
2.1.6.1	Etude.....	25
2.1.6.2	Réalisation.....	25
2.1.6.3	Contrôle.....	26
2.2	BETONS.....	27
2.2.1	CONSTITUANTS.....	27

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 6/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.1	Prescriptions générales	27
2.2.1.2	Ciments	27
2.2.1.2.2	Ciments pour béton précontraint (enceinte du BR).....	27
2.2.1.2.3	Ciments pour travaux en milieux contenant des sulfates (sols ou solutions).....	27
2.2.1.2.4	Ciments pour bétons en grande masse (radier de fondation, radier de l'UN, enceinte du BR et parois des piscines notamment).....	28
2.2.1.2.5	Conditions de livraison et de stockage.....	28
2.2.1.2.6	Vérifications et contrôles	28
2.2.1.3	Granulats pour bétons et mortiers hydrauliques.....	29
2.2.1.3.1	Prescriptions générales	29
2.2.1.3.2	Dossier carrière.....	29
2.2.1.3.3	Alcali-réaction	29
2.2.1.3.4	Teneur en chlorures et sulfures.....	30
2.2.1.3.5	Prescriptions complémentaires pour les bétons précontraints et/ou devant assurer une étanchéité à l'air (enceinte du BR) et bétons « BHP » à fluage limité (plots)	30
2.2.1.3.6	Prescriptions complémentaires pour les bétons soumis au gel sévère.....	31
2.2.1.3.7	Epreuves d'étude, de convenance et de contrôle	31
2.2.1.3.8	Stockage.....	32
2.2.1.4	Additions	32
2.2.1.4.1	Généralités.....	32
2.2.1.4.2	Caractéristiques générales.....	32
2.2.1.4.3	Livraison et stockage sur chantier.....	32
2.2.1.4.4	Cendres volantes de charbon	33
2.2.1.4.5	Additions calcaires.....	33
2.2.1.4.6	Additions siliceuses	33
2.2.1.4.7	Fumées de silice.....	34
2.2.1.4.8	Laitier vitrifié moulu de haut fourneau	35
2.2.1.5	Adjuvants et produits de cure	35
2.2.1.5.1	Prescriptions générales	35
2.2.1.5.2	Adjuvants.....	35
2.2.1.5.3	Produits de cure	35
2.2.1.6	Eau de gâchage	36
2.2.2	<i>ETUDE ET COMPOSITION</i>	36
2.2.2.1	Prescriptions générales	36
2.2.2.2	Résistance à la compression.....	36
2.2.2.3	Consistance des bétons	36
2.2.2.4	Formule nominale.....	36
2.2.2.5	Teneurs en éléments agressifs.....	37
2.2.2.6	Prescriptions spéciales pour l'utilisation de granulats potentiellement réactifs.....	37
2.2.2.7	Prescriptions spéciales pour les bétons soumis au gel sévère	37
2.2.2.8	Prescriptions spéciales pour les bétons auto-plaçants (BAP).....	37
2.2.2.9	Prescriptions spéciales pour les « BHP » à fluage limité (plots).....	37
2.2.2.10	Epreuve d'étude.....	37
2.2.2.10.1	Etude de la validité de la formule	38
2.2.2.10.2	Etude de sensibilité de la formule	39
2.2.2.10.3	Prescriptions complémentaires pour l'utilisation de granulats potentiellement réactifs	39
2.2.2.10.4	Prescriptions complémentaires pour les bétons précontraints (enceinte du BR).....	39
2.2.2.10.5	Prescription complémentaire pour les bétons en grande masse (radier de l'UN et enceinte du BR notamment) 40	
2.2.2.10.6	Prescriptions complémentaire pour les bétons devant assurer une étanchéité à l'air (enceinte du BR) 40	
2.2.2.10.7	Prescription complémentaire pour les bétons destinés à être mis en œuvre à la pompe.....	40
2.2.2.10.8	Prescriptions complémentaires pour les bétons soumis au gel sévère.....	40
2.2.2.10.9	Prescriptions complémentaires pour les bétons auto-plaçants (BAP)	41
2.2.2.10.10	Prescriptions complémentaires pour les « BHP » à fluage limité (plots)	41
2.2.2.10.11	Prescriptions complémentaires pour les bétons lourds.....	41
2.2.2.11	Epreuve d'information.....	42

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 7/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.3	<i>FABRICATION</i>	42
2.2.3.1	Bétons fabriqués sur le chantier.....	43
2.2.3.2	Bétons fabriqués en usine prêts à l'emploi.....	44
2.2.3.3	Epreuve de convenance.....	44
2.2.3.3.1	Prescriptions générales.....	44
2.2.3.3.2	Prescription complémentaire pour les bétons en grande masse (radier de fondation, radier de l'UN et enceinte du BR, parois des piscines notamment).....	45
2.2.3.3.3	Prescriptions complémentaires pour les « bétons à hautes performances (BHP) » et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50$ MPa), bétons auto-plaçants (BAP) et bétons lourds.....	46
2.2.4	<i>TRANSPORT DES BETONS</i>	46
2.2.5	<i>MISE EN ŒUVRE DES BETONS</i>	46
2.2.5.1	Mesure des températures et de la vitesse du vent.....	46
2.2.5.2	Programme de bétonnage.....	46
2.2.5.3	Prescriptions générales de mise en œuvre.....	47
2.2.5.4	Bétonnage par temps froid.....	47
2.2.5.5	Bétonnage par temps chaud.....	48
2.2.5.6	Vibration.....	48
2.2.5.7	Durcissement accéléré par chauffage.....	48
2.2.5.8	Reprises de bétonnage.....	49
2.2.5.9	Prescription complémentaire pour les bétons auto-plaçants (BAP).....	49
2.2.5.10	Prescription complémentaire pour les bétons lourds.....	49
2.2.5.11	Cure du béton.....	50
2.2.5.11.1	Prescriptions générales.....	50
2.2.5.11.2	Procédés.....	50
2.2.5.11.3	Mise en œuvre.....	51
2.2.5.11.4	Prescriptions particulières pour les « bétons à hautes performances (BHP) » et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50$ MPa).....	51
2.2.5.12	Epreuve de contrôle.....	51
2.2.5.12.1	Prélèvements.....	51
2.2.5.12.2	Contrôle de la consistance.....	52
2.2.5.12.3	Contrôle de la température du béton frais.....	52
2.2.5.12.4	Contrôle de la résistance à la compression aux jeunes âges.....	52
2.2.5.12.5	Contrôle de la résistance à la compression à 28 jours.....	52
2.2.5.12.6	Prescriptions spéciales pour les bétons soumis au gel sévère.....	53
2.2.5.12.7	Prescription particulière pour les bétons lourds.....	53
2.2.6	<i>PRODUITS DE SCELLEMENT ET DE CALAGE</i>	53
2.2.7	<i>INJECTIONS DE COMPLEMENT D'ETANCHEITE DU BETON</i>	53
2.2.7.1	Choix des produits.....	53
2.2.7.1.1	Les liants hydrauliques.....	54
2.2.7.1.2	Les résines.....	54
2.2.7.2	Réception des produits.....	54
2.2.7.3	Mise en place du matériel et essais préalables.....	54
2.2.7.3.1	Choix du matériel.....	54
2.2.7.3.2	Pour les fissures recensées après les phases de bétonnage.....	54
2.2.7.3.3	Pour le traitement des reprises de bétonnage et du béton pleine masse.....	54
2.2.7.4	Préparation des produits à injecter.....	55
2.2.7.4.1	Coulis de ciment.....	55
2.2.7.4.2	Contrôles.....	55
2.2.7.5	Suivi de l'injection.....	55
2.2.7.6	Contrôle de l'injection.....	55
2.2.7.7	Nettoyage.....	55
2.2.7.8	Documentation.....	55

2.3	PAREMENTS ET COFFRAGES	56
-----	-------------------------------------	----

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 8/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.3.1	<i>PAREMENTS</i>	56
2.3.1.1	Parements grossiers	56
2.3.1.2	Parements ordinaires.....	56
2.3.1.3	Parements fins.....	56
2.3.1.4	Réparation de défauts éventuels.....	57
2.3.1.5	Revêtement des parements à l'intérieur du bâtiment réacteur.....	57
2.3.2	<i>COFFRAGES</i>	57
2.3.2.1	Prescriptions générales	57
2.3.2.2	Fixation des coffrages à l'intérieur du béton.....	58
2.3.2.3	Maintien du coffrage à l'extérieur du béton.....	58
2.3.2.4	Alignement des platines.....	59
2.3.2.5	Nettoyage.....	59
2.3.2.6	Produits de démoulage.....	59
2.3.2.7	Décoffrage	59
2.3.2.8	Coffrages pour scellements.....	59
2.4	ARMATURES POUR BETON ARME	60
2.4.1	<i>CHOIX ET PROVENANCE</i>	60
2.4.2	<i>Conditionnement</i>	60
2.4.3	<i>Transport, manutention et stockage</i>	60
2.4.4	<i>Vérifications et contrôles à la livraison</i>	60
2.4.5	<i>DRESSAGE, FACONNAGE ET MISE EN PLACE</i>	61
2.4.5.1	Prescriptions générales	61
2.4.5.2	Dressage	61
2.4.5.2.1	Prescriptions générales	61
2.4.5.2.2	Essais de convenance.....	61
2.4.5.2.3	Contrôle de fabrication	62
2.4.5.3	Façonnage.....	62
2.4.5.3.1	Prescriptions générales	62
2.4.5.3.2	Armatures en ronds lisses de nuance Fe E 235	62
2.4.5.3.3	Armatures à haute adhérence	62
2.4.5.3.4	Tolérances.....	63
2.4.5.3.5	Dispositif d'accrochage incorporés au béton	63
2.4.5.3.6	Dispositifs d'attente	63
2.4.5.4	Mise en place.....	63
2.4.5.4.1	Prescriptions générales	63
2.4.5.4.2	Arrimage.....	64
2.4.5.4.3	Calage.....	64
2.4.5.4.4	Enrobage.....	65
2.4.5.4.5	Continuité des armatures.....	65
2.4.5.5	Contrôle du positionnement des armatures et de l'épaisseur d'enrobage.....	66
2.5	SYSTEME DE PRECONTRAINTES.....	67
2.5.1	<i>Constituants</i>	67
2.5.1.1	Armatures de précontrainte.....	67
2.5.1.2	Dispositifs d'ancrages	67
2.5.1.3	Conduits.....	67
2.5.1.3.1	Conduits en tubes acier	68
2.5.1.3.2	Conduits en PEHD.....	68
2.5.1.3.3	Manchons thermorétractables	68
2.5.1.4	Coulis d'injection des conduits	68
2.5.1.5	Systèmes dynamométriques	68
2.5.1.6	Produit souple de remplissage des capots d'ancrage.....	68

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 9/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.5.2	<i>Essais et contrôles des constituants</i>	69
2.5.2.1	Généralités	69
2.5.2.2	Les torons	69
2.5.2.2.1	Contrôle de la résistance à la traction	69
2.5.2.2.2	Contrôle de la relaxation.....	69
2.5.2.2.3	Vérifications en usine et à la livraison	69
2.5.2.3	Les dispositifs d'ancrages.....	70
2.5.2.4	Les conduits.....	70
2.5.2.4.1	Conduits en tubes acier.....	70
2.5.2.4.2	Conduits en PEHD.....	70
2.5.2.5	Le coulis d'injection des conduits	70
2.5.2.6	Les systèmes dynamométriques	71
2.5.2.7	Le produit souple de remplissage des capots d'ancrage.....	71
2.5.3	<i>Mise en œuvre et contrôles associés</i>	71
2.5.3.1	Mise en place des tromplagues et des conduits.....	71
2.5.3.1.1	Exécution.....	71
2.5.3.1.2	Contrôles.....	73
2.5.3.2	Enfilage des torons gainés protégés.....	73
2.5.3.3	Injection des conduits	73
2.5.3.3.1	Exécution.....	74
2.5.3.3.2	Contrôles.....	74
2.5.3.4	Mise en place des blocs d'ancrage, des systèmes dynamométriques le cas échéant et des clavettes.....	75
2.5.3.5	Mise en tension des câbles.....	76
2.5.3.5.1	Exécution.....	76
2.5.3.5.2	Contrôles.....	76
2.5.3.6	Pose des capots d'ancrage et remplissage au produit souple de protection	77
2.5.3.7	Rapport de synthèse.....	77
2.6	PREFABRICATION	78
2.6.1	<i>GENERALITES</i>	78
2.6.2	<i>FABRICATION</i>	78
2.6.2.1	Localisation des usines de préfabrication	78
2.6.2.2	Parements et coffrages.....	78
2.6.2.3	Fabrication du béton armé	79
2.6.2.4	Mise en œuvre	79
2.6.2.5	Les zones de liaisons périphériques.....	79
2.6.3	<i>LA MISE EN PLACE DES ELEMENTS</i>	80
2.6.3.1	Le marquage	80
2.6.3.2	Les manutentions, le stockage et le transport.....	80
2.6.3.3	La mise en place et la liaison aux parties d'ouvrages existants.....	80
2.7	PIECES METALLIQUES D'ETANCHEITE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT	82
2.7.1	<i>DOMAINE D'APPLICATION</i>	82
2.7.2	<i>MATERIAUX – NUANCES ET QUALITES</i>	82
2.7.2.1	Classification	82
2.7.2.2	Conditions générales.....	82
2.7.2.3	Tôles.....	82
2.7.2.4	Tubes pour traversées.....	82
2.7.2.5	Aciers pour béton armé sur les viroles de traversées	82
2.7.3	<i>SOUDAGE DES PIECES METALLIQUES D'ETANCHEITE</i>	83
2.7.3.1	Conditions générales.....	83
2.7.3.2	Recette des produits d'apport.....	83
2.7.3.3	Qualification des modes opératoires de soudage	84

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 10/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.7.3.4	Qualification des soudeurs et opérateurs	85
2.7.3.5	Qualification des ateliers de fabrication.....	85
2.7.3.6	Soudures de production	86
2.7.3.6.1	Dispositions générales	86
2.7.3.6.2	Contrôles des assemblages soudés.....	89
2.7.3.7	Etendue des contrôles de production	89
2.7.4	<i>PREFABRICATION ET MONTAGE</i>	92
2.7.4.1	Définition d'un cercle de référence : cercle directeur.....	92
2.7.4.2	Cas particulier des viroles de traversées personnel et matériel.....	92
2.7.5	<i>CONTROLE GEOMETRIQUE EN COURS DE REALISATION</i>	92
2.8	ELEMENTS METALLIQUES INCORPORES AU BETON.....	93
2.8.1	<i>DOMAINE D'APPLICATION</i>	93
2.8.2	<i>FOURREAUX</i>	93
2.8.3	<i>PLATINES D'ANCRAGE INCORPORES AU BETON</i>	93
2.8.4	<i>PUISARDS INCORPORES AU BETON</i>	94
2.9.	REVETEMENTS METALLIQUES D'ETANCHEITE A L'EAU.....	96
2.9.1	<i>DOMAINE D'APPLICATION</i>	96
2.9.2	<i>MATÉRIAUX - NUANCES ET QUALITÉS</i>	96
2.9.2.1	Fabrication en atelier	96
2.9.2.2	Soudage	97
2.9.2.2.1	Soudure de production.....	97
2.9.2.2.2	Qualification de mode opératoire de soudage.....	97
2.9.2.2.3	Qualification des soudeurs et opérateurs	97
2.9.2.2.4	Coupon témoin de soudage	97
2.9.2.3	Contrôles.....	97
2.9.2.3.1	Contrôles non destructifs	97
2.9.2.3.2	Contrôles par radiographie	98
2.9.2.4	Tolérances dimensionnelles	98
2.9.2.5	Essais	99
2.10	CHARPENTES METALLIQUES	100
2.10.1	<i>DOMAINE D'APPLICATION</i>	100
2.10.2	<i>Matériaux - Nuances et Qualités</i>	100
2.10.2.1	Prescriptions générales pour les aciers laminés	100
2.10.2.2	Aciers de construction d'usage général	100
2.10.2.3	Aciers soudables à Haute Limite Elastique (HLE)	101
2.10.2.4	Contrôles en usine.....	101
2.10.2.4.1	Tôles	101
2.10.2.4.2	Profilés et laminés marchands.....	101
2.10.2.4.3	Larges plats.....	101
2.10.2.5	Choix des aciers de construction d'usage général	101
2.10.2.5.1	Classement des pièces.....	102
2.10.2.5.2	Qualités des aciers	102
2.10.2.6	Vis, écrous et rondelles.....	102
2.10.2.7	Métaux d'apport pour soudage à l'arc électrique.....	103
2.10.2.8	Stockage, transport et manutention.....	103
2.10.3	<i>CONSTRUCTION EN ATELIER</i>	103
2.10.3.1	Prescriptions générales	103

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 11/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.3.2	Préparation des éléments	104
2.10.3.2.1	Préparation des éléments conformément aux normes	104
2.10.3.2.2	Cas des assemblages par boulons à serrage contrôlé	104
2.10.3.3	Exécution des assemblages par boulonnage et rivetonnage	105
2.10.3.3.1	Prescriptions générales	105
2.10.3.3.3	Boulonnage	105
2.10.3.4	Exécution des assemblages par soudage	106
2.10.3.4.1	Prescriptions générales	106
2.10.3.4.2	Soudabilité	106
2.10.3.4.3	Qualification des modes opératoires	107
2.10.3.4.4	Qualification des soudeurs et des opérateurs	107
2.10.3.4.5	Exécution du soudage	107
2.10.3.4.6	Contrôles des soudures de production	107
2.10.3.5	Tolérances de fabrication	108
2.10.3.6	Contrôles de fabrication	113
2.10.4	<i>MONTAGE A PIED D'ŒUVRE</i>	113
2.10.4.1	Stockage et manutention	114
2.10.4.2	Montage	114
2.10.4.3	Tolérances de montage	114
2.10.4.3.1	Poteaux	114
2.10.4.3.2	Poutres des chemins de roulement	114
2.10.4.3.3	Rails de roulement	115
2.10.5	<i>MENUISERIE ET SERRURERIE</i>	115
2.10.6	<i>REVETEMENT DE PROTECTION DES CHARPENTES, MENUISERIES OU SERRURERIES METALLIQUES</i>	115
2.11	APPUI PARASISMIQUES	116
2.12	REVETEMENT COMPOSITE D'ÉTANCHEITE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT DU BR. ..	117
2.13	CALFEUTREMENT DE JOINTS	118
2.13.1	<i>DOMAINE D'APPLICATION</i>	118
2.13.2	<i>PRINCIPE</i>	118
2.13.3	<i>QUALIFICATION DES PRODUITS ET DU PROCEDE</i>	119
2.13.4	<i>TYPES DE CALFEUTREMENTS CONCERNES</i>	119
2.13.5	<i>APTITUDE A L'EMPLOI</i>	120
2.13.6	<i>CONTROLE DE REALISATION SUR SITE</i>	120
2.13.7	<i>PERENNITE DES CALFEUTREMENTS : SUIVI FONCTIONNEL ET VIEILLISSEMENT</i>	121
2.14	TOPOGRAPHIE, TOLERANCES ET AUSCULTATION	122
2.14.1	<i>UNITES DE REFERENCES TOPOGRAPHIQUES</i>	122
2.14.1.1	Canevas primaire	122
2.14.1.2	Canevas secondaire	122
2.14.1.2.1	Le système local	122
2.14.1.2.2	Définition	122
2.14.1.3	Microcanevas	123
2.14.2	<i>TOLERANCES D'EXECUTION</i>	123
2.14.3	<i>AUSCULTATION ALTIMETRIQUE</i>	124

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 12/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

ANNEXE 1: liste des documents cités par le RCCG-RJH – Partie 2 :Construction.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 13/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.0 PRINCIPES GENERAUX

2.0.1 NORMES

Les spécifications techniques, objet des présentes règles, sont définies par référence à des normes française homologuées par l'AFNOR, sur la base de normes européennes lorsqu'elles existent. En l'absence de ces normes « européennes », les spécifications techniques sont définies par référence aux normes nationales.

La réalisation des ouvrages couverts par les présentes règles doit satisfaire aux normes auxquelles il est fait référence dans le présent recueil. Les normes à respecter sont les normes en vigueur à la date d'émission des présentes règles.

L'utilisation de normes autres que celles dont il est fait référence dans le présent recueil (autre norme ou norme révisée) doit être justifiée par un document attestant leur équivalence. Cette équivalence est recevable seulement si les exigences des présentes règles peuvent être satisfaites.

2.0.2 MARQUES NATIONALES, CERTIFICATIONS, HOMOLOGATIONS, AGREMENTS

L'utilisation de marques nationales, certifications, homologations et agréments autres que ceux mentionnés dans le présent recueil est possible à condition de faire la preuve de garanties de qualité au moins équivalentes (contrôles).

Lorsqu'une certification de conformité est prescrite par les présentes règles, il doit être possible de s'assurer, avant tout commencement des travaux, que les matériaux, produits ou procédés en bénéficient. Les conditions d'identification des matériaux, des produits ou procédés ainsi que les conditions d'exécution des vérifications sont précisées par le Titulaire avant tout emploi. Le Titulaire met le CEA en mesure de s'assurer qu'il a bien procédé à cette identification.

2.0.3 LABORATOIRES, ORGANISMES

Lorsque le présent recueil cite des laboratoires ou des organismes, il peut être fait recours à d'autres laboratoires ou organismes à condition de faire la preuve qu'ils apportent des garanties de qualité au moins équivalentes.

2.0.4 TOLERANCES D'EXECUTION

Les tolérances d'exécution sont rassemblées dans le paragraphe 2.14.

2.0.5 NON-CONFORMITES - ANOMALIES

Si, au cours des contrôles, les prescriptions des présentes règles ne sont pas respectées, une non-conformité est déclarée. Les matériaux ou éléments concernés sont maintenus sous contrôle avant traitement de la non-conformité.

Les non-conformités aux présentes règles donnent lieu, dès leur détection, à la recherche d'une remise en conformité. Elles ne sont déclarées anomalies que lorsque cette remise en conformité n'a pu être mise en œuvre.

Pour les ouvrages classés de sûreté, les anomalies sont déclarées significatives et portées à la connaissance des Autorités de Sûreté lorsque l'état final de l'ouvrage n'est pas conforme aux règles de conception et de réalisation décrites dans le présent document ou à des règles démontrées équivalentes.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 14/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.0.6 DOCUMENTS APPLICABLES

Pour ce qui concerne la partie réalisation, les documents applicables sont répertoriés en annexe 1 "Liste des documents cités en partie 2 :Construction du RCCG-RJH »

Les notations abrégées utilisées dans le texte sont les suivantes :

2.0.6.1 Règles de conception et de réalisation de centrales nucléaires autres que RCCG-RJH (partie 1 et 2)

Les règles de conception applicables au RJH sont citées par la partie 1 du RCCG-RJH. Les règles de réalisation de centrales nucléaires autres que RCCG-RJH applicables à la partie réalisation sont répertoriées en annexe 1.

Elles sont désignées dans le texte par : "abréviation du titre + repère"

Exemple : "RCC-M S4000"

2.0.6.2 Fascicules interministériels

Les fascicules interministériels applicables à la partie réalisation sont répertoriés en annexe 1.

Ils sont désignés dans le texte par un titre abrégé permettant de les identifier.

Exemple : "Fascicule n°4 titre II"

2.0.6.3 Normes

Les normes applicables à la partie réalisation sont répertoriées en annexe 1.

Les normes sont codifiées selon leur origine et leur statut. Elles sont désignées dans le texte par leur indice alphanumérique.

Signification de la codification :

- ISO : norme internationale
- EN : norme européenne adoptée par le CEN
- DIN : norme allemande
- NF : norme homologuée par l'AFNOR
- XP ou aucune codification : norme expérimentale de l'AFNOR
- FD : fascicule de documentation de l'AFNOR

La construction de la codification est la suivante : exemple d'une norme internationale (ISO) adoptée par le CEN (EN) puis homologuée en France (NF) : NF EN ISO 14713.

2.0.6.4 Autres documents

Les autres documents applicables à la partie réalisation sont répertoriés en annexe 1.

Ils sont désignés dans le texte par un titre abrégé permettant de les identifier.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 15/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.1 TERRASSEMENTS ET TRAITEMENTS DE SOL

2.1.1 MODELE GEOLOGIQUE

2.1.1.1 Etablissement du modèle géologique

L'étude géologique au sens large doit répondre à deux objectifs distincts et complémentaires, l'un de fournir les données de terrain, l'autre d'interpréter ces données en vue de l'application au projet :

- *La synthèse des données* consiste à rassembler, à fournir et à expliquer au chef de projet et aux ingénieurs participant à la conception, la réalisation, voire l'exploitation de l'ouvrage, au moment opportun, les données géologiques nécessaires pour concevoir le projet,
- *L'interprétation des données de terrain* consiste à porter un jugement de valeur le plus souvent qualitatif et si possible quantitatif sur les terrains où sera implanté l'ouvrage. Il s'agit de l'application au projet qui consiste à prévoir et interpréter le comportement des terrains pendant la construction de l'ouvrage, lors de sa mise en service et pendant toute sa durée de vie, en recommandant les méthodes d'exécution puis de surveillance des fondations.

Critères d'établissement d'un modèle :

Le modèle géologique est établi en s'appuyant simultanément sur :

- les données de la nature : géométriques et de structure des terrains aux différentes échelles, rôle des anisotropies, analyse des zones fiables, propriétés physico-chimiques, propriétés mécaniques et hydrauliques,...
- les besoins des utilisateurs : caractéristiques des terrains de fondation (portance, déformabilité...), résistance des roches à l'abattage, à la perforation, aptitude au terrassement, stabilité en grand des terrains, méthodes de traitement, amplitude des tassements à attendre...
- les sciences utilisées : géologie (tectonique, stratigraphie, pétrographie, chimie), géotechnique (hydrogéologie, mécanique des sols, mécanique des roches, rhéologie,...)
- les méthodes d'investigation : géophysique, forages, essais géotechniques de laboratoires et in situ, essais hydrogéologiques.

2.1.1.2 Phases d'études

Une fois le site choisi, les phases d'études sont les suivantes :

- une phase constituée d'investigations préliminaires, sur le terrain et qui permet dans la région, de choisir le site candidat préféré,
- une seconde phase qui concerne les investigations approfondies à conduire sur le site retenu et l'établissement des dossiers nécessaires aux autorisations de construire.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 16/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

	Objectifs	Moyens
PHASE 1	Conditions géologiques et géotechniques et lever des incertitudes sur les éléments rédhibitoires : <ul style="list-style-type: none"> - tassements, - liquéfaction, - stabilité des fondations, - écoulements souterrains, - niveau sismique du site. 	<ul style="list-style-type: none"> - Géophysique. - Sondages carottés et forages destructifs avec enregistrement de paramètres. - Essais in-situ de mécanique des sols et/ou des roches, essais d'eau. - Etude hydrogéologique. - Essais de laboratoire.
PHASE 2	Confirmation des conditions : <ul style="list-style-type: none"> - géologiques, - géotechniques, - hydrogéologiques, - sismiques. Paramètres nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages. Adaptation des ouvrages aux conditions de site. <i>Emploi des matériaux de remblai</i> Eléments des rapports de sûreté.	Investigations au droit des différentes structures, comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - <u>des essais in situ pour définir :</u> <ul style="list-style-type: none"> • résistance et portance, • déformabilité, en statique et dynamique, • caractéristiques de cisaillement, • perméabilité. - <u>des essais en laboratoire :</u> <ul style="list-style-type: none"> • identification • déformabilité : en statique et dynamique • cisaillement, • fluage, • compactage.

Les études géologiques au sens large ont trois objectifs :

- s'assurer que le site ne présente pas d'éléments rédhibitoires,
- préciser suffisamment les conditions du terrain pour adapter les fondations des ouvrages au site, et éventuellement les conditions particulières à mettre en œuvre (pré-chargement, renforcement du terrain, substitution, compactage dynamique, etc..),
- définir les éléments concernant la sûreté, notamment en ce qui concerne l'hydrogéologie et les rapports entre les séismes et la structure géologique locale.

2.1.1.3 Détermination des caractéristiques des terrains

2.1.1.3.1 Caractéristiques géologiques

Les caractéristiques géologiques sont obtenues à partir de l'établissement de la carte géologique, l'identification de la nature et de la disposition des terrains. Le degré d'hétérogénéité des terrains est étudié à l'aide de :

- Méthodes destructives, telles que sondages mécaniques, forages carottés, forages destructifs avec enregistrement de paramètres, puits, tranchées, et autres méthodes d'investigations ponctuelles.
- Méthodes non destructives, telles que la géophysique, qui apporte au géologue une vue « par transparence » qui permet de mieux comprendre et relier entre elles les informations fournies par les sondages mécaniques ou autres.

Il existe plusieurs méthodes de géophysique, à utiliser suivant le domaine d'application et la profondeur d'investigation souhaitée. Il est souvent nécessaire d'utiliser plusieurs méthodes en complémentarité. De plus, le nombre de points de reconnaissance et leur densité, suivant la profondeur d'investigation souhaitée, sont à adapter à chaque site.

A titre d'exemple le tableau suivant identifie les différentes méthodes utilisables.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 17/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Méthodes	Paramètres mesurés	Domaine d'application	Profondeur d'investigation	Commentaire
Microgravimétrie	<i>Valeur relative de la gravité</i>	<i>Recherche de vides peu profonds, (karst) plus ou moins remblayés ou inondés</i>	0 – 50 m	
Profil de sismique réfraction	<i>Temps de trajet entre la source et le récepteur</i>	Reconnaissance : - Substratum rocheux. - Zones fracturées. - Zones karstiques. - Terrains ripables.	0 – 200 m	
Tomographie sismique	Temps de trajet des ondes sismiques	- Fondations. - Structures. - Injections.	Définie par le dispositif de mesure	Nécessité de forages
Sismique « Down-Hole » « Up-Hole » « Cross-Hole »	Vitesses des ondes P et S	- Génie parasismique - Détermination des paramètres en dynamique : modules d'Young, module de cisaillement et coefficient de Poisson	0 – 10 m et définie par le dispositif de mesure	Nécessité de forages
Méthodes électriques	Résistivité apparente	- Epaisseur d'altération. - Epaisseur de recouvrement. - Niveaux aquifères. - Karsts, failles, vides.	Définie par le dispositif de mesure	
Méthodes électromagnétiques	Conductivité Apparente	- Porosité - Fracturation - Argiles	0-100m	
Radar Géologique	Vitesse de propagation d'ondes électromagnétiques	- Fracturation - Réseaux et obstacles enterrés - Cavités - Géologie superficielle	0-20 m	
Magnétisme	Champ magnétique Total	<i>Détection de tout objet ferro-magnétique</i>	0-100m	
Diagraphies nucléaires provoquées et naturelles	Rayonnements naturels ou provoqués	- Densité - Teneur en eau - Porosité	Définie par le dispositif de mesure	Nécessité de forages

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 18/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.1.1.3.2 Identification et caractéristiques mécaniques des terrains de fondation

L'étude géotechnique des terrains doit être telle que les incertitudes sur les mesures relatives à ces terrains aient une influence négligeable sur le résultat des études de comportement, à savoir :

- les études de portance, tassements et gonflements (leur amplitude doit être compatible avec les déplacements admissibles pour l'ouvrage),
- la liquéfaction : ce risque est spécifique de certains sols (perméabilité inférieure à 10^{-2} m/s; il est déterminé à partir de l'évolution du potentiel de liquéfaction sous l'effet des mouvements sismiques de forte intensité),
- les études de stabilité des pentes (naturelles ou dues à l'activité humaine), leur rupture pourrait compromettre la sûreté des installations.

Les essais géotechniques (essais en laboratoire et in situ) doivent permettre de déterminer, pour chaque matériau intéressé par la construction de la centrale, les caractéristiques de déformabilité, de résistance statique et dynamique, à court terme et à long terme.

Le nombre d'essais à réaliser, leur localisation et leur profondeur sont fonction de la complexité du site choisi et des matériaux rencontrés. Le choix des essais dépend évidemment des paramètres recherchés, c'est à dire du problème à résoudre, mais il est intimement lié à la nature des terrains rencontrés (argiles molles, argiles raides – marnes - roches, sable, sable et graviers, etc...). Un programme d'essais de caractérisation est établi en fonction de la nature des matériaux de leur hétérogénéité et des caractéristiques attendues.

Les essais de laboratoire sont effectués sur des échantillons non remaniés, dans la mesure du possible. Les tableaux ci-après donnent à titre d'exemple les essais pertinents à réaliser en fonction des caractéristiques recherchées.

Problème à résoudre		Essais in-situ	Essais de laboratoire
Fondations	Stabilité générale	Pressiomètre (sol) Dilatromètre (roche) Pénétromètre (sol)	Identification Essais de cisaillement Essais de compressibilité
	Tassements	Pressiomètre (sol) Dilatromètre (roche)	Identification Essai de compressibilité
Soutènements		Essais de cisaillement (sol)	Identification Essais de cisaillement Essai de compressibilité
Adaptation au site	Stabilité de pente	Essais de cisaillement (sol) Essai d'eau	Identification Essais de cisaillement Essais de compressibilité
Conditions d'exécution	Stabilité des parois de fouille	Scissomètre (sol) Phicomètre	Identification Essais de cisaillement
	Stabilité des fonds de fouille	Essais de cisaillement (sol) Pressiomètre (sol) Essai d'eau, piézomètre	Identification Essais de cisaillement Essais de compressibilité
	Epuisement	Essai d'eau	
Tenue au séisme		SPT (sol sableux) Pressiomètres (sol) Pénétromètres (sol) Crosshole	Identification Essais dynamiques (sol sableux)

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 19/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les normes existantes des essais in situ évoqués sont les suivantes :

Essai pressiométrique Ménard	NF P 94-110
Essai scissométrique en place	NF P 94-112
Essai de pénétration statique	NF P 94-113
Essai de pénétration dynamique type A	NF P 94-114
Essai de pénétration dynamique type B	NF P 94-115
Essais SPT	NF P 94-116
Essais de cisaillement au Piézocône	NF P 94-119
Essais de cisaillement au Phicomètre	XP P 94-120

A titre d'exemple *les essais d'identification* peuvent comprendre, en fonction de la nature des terrains, les mesures de densité, teneur en eau et degré de saturation. Suivant la nature des matériaux, ils comprennent aussi les essais suivants : analyses granulométriques, sédimentométries, valeurs au bleu, limites d'Atterberg, mesures de teneur en CaCO_3 , analyses minéralogiques, mesure d'indice CBR, dureté, abrasivité, broyabilité, etc...

A titre d'exemple, les essais de cisaillement, suivant le type de matériau, peuvent comprendre les essais suivants : essais de cisaillement à la boîte de Casagrande, essais à l'appareil triaxial (CU, CU+U, CD), essais scissométrique, etc...

A titre d'exemple, les essais de compressibilité, suivant le type de matériau, peuvent être les suivants : essais à l'oedomètre (compressibilité, gonflement), essais à l'appareil triaxial (CU, CU+U, CD, fluage), essais Proctor, essai de compression uniaxiale, etc..

A titre d'exemple, les essais dynamiques en laboratoire, qui peuvent être réalisés, sur des sols sableux, sont de type essais à la colonne résonnante, essais à l'appareil triaxial cyclique, essais de cisaillement en torsion, essais à la table vibrante, etc...

Pour la plupart des essais, il existe des normes, qui sont impérativement à suivre.

Le programme des essais doit être adapté au site.

2.1.1.3.3 Caractéristiques hydrogéologiques

Les sites nucléaires étant en majorité situés en plaine, à proximité d'un cours d'eau ou de la mer, il existe presque toujours sur les sites une ou plusieurs nappes phréatiques qu'il convient d'étudier pour plusieurs raisons :

- Les travaux de fondation sont la plupart du temps en dessous de la surface de la nappe ce qui peut poser un certain nombre de problèmes liés aux sous-pressions ou aux venues d'eau tant pour des ouvrages provisoires que définitifs. Les méthodes de rabattement, de drainage ou d'imperméabilisation exigent une connaissance de l'hydrogéologie locale.
- Les ouvrages principaux et annexes de l'installation nucléaire, peuvent perturber l'écoulement naturel de la nappe pendant les travaux et une fois les ouvrages réalisés.
- L'hydrogéologie du site doit être parfaitement connue pour permettre de définir les risques de pollution accidentelle des installations elles-mêmes et trouver des palliatifs efficaces pour réduire ce risque même très improbable à des valeurs acceptables.

Ainsi, deux types de caractéristiques hydrogéologiques sont à obtenir.

- D'une part, il s'agit de préciser le nombre de nappes sur le site et leurs niveaux, qui peuvent être variables suivant les saisons et les conditions météorologiques, ainsi que la direction générale des écoulements. La mise en place et le suivi de piézomètres et échelles limnigraphiques est indispensable pour cela. La réalisation et les mesures dans les piézomètres ouverts font l'objet d'une norme (NF P 94-157-1), à suivre impérativement.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 20/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

En fonction des reconnaissances faites, de l'écoulement de la (ou des) nappe(s), du positionnement de l'usine une étude d'implantation et de profondeur de piézomètre est faite.

Un programme de relevés est mis en place avec une fréquence adaptée en fonction de la phase du projet : reconnaissance, construction, exploitation, etc...

Le nombre de piézomètres et d'essais à réaliser est fonction de la connaissance initiale du site (bibliographie par exemple) et de la complexité géologique du site.

L'analyse des phénomènes hydrogéologiques, étude qualitative effectuée sur la base de l'auscultation piézométrique sur une période donnée, peut être complétée, si nécessaire (pour des cas particuliers, notamment celui des réseaux karstiques) par des approches quantitatives qui permettent de déterminer les niveaux de crue de la nappe en fonction des périodes de retour, ainsi que les débits associés.

- D'autre part, il faut définir les caractéristiques hydrauliques des nappes concernées par la construction de la centrale. Ces caractéristiques sont, a minima, le coefficient de perméabilité ou la transmissivité, et le coefficient d'emménagement.

Ces caractéristiques sont obtenues à partir d'essai in situ, essais ponctuels en forage, en première phase, puis, essais à grande échelle.

Ces essais sont à adapter en fonction du site.

Essais ponctuels en forage : il existe 3 types d'essais courants, à mettre en œuvre suivant les conditions de terrain à tester :

- Essais Lefranc, pour les sols sous nappe. NF P 94-132
- Essais Nasberg et USBR dans les sols non saturés.
- Essais Lugeon dans les roches. NF P 94-131.

Pour chacun de ces essais, il existe une norme, portant sur la réalisation de l'essai et l'interprétation des mesures, à suivre impérativement.

D'autres essais peuvent être réalisés en forage, comme le micromoulinet, pour obtenir des renseignements sur la vitesse des circulations d'eau verticales dans un piézomètre.

Essais à grande échelle : ces essais sont bien plus représentatifs du comportement hydrogéologique, que les essais ponctuels. En effet, ils donnent une valeur moyenne de la perméabilité ou de la transmissivité correspondant à un volume de sol considérable et prennent en compte les conditions naturelles d'alimentation de la nappe. Parmi ces essais, on peut citer l'essai de pompage et l'essai de traçage :

- L'essai de pompage (dans les sols)

Cet essai permet de définir une perméabilité (ou transmissivité) et un coefficient d'emménagement, nécessaires pour dimensionner les pompes pour la mise hors d'eau des fouilles par exemple.

- L'essai de traçage

Il peut couvrir des domaines très variables : recherche de direction d'écoulement, mise en évidence de chemin préférentiel, estimation de la vitesse de circulation de l'eau et du temps de transfert, mesure de la diffusivité des écoulements, etc.. Suivant le problème à traiter, des volumes plus ou moins vastes peuvent être étudiés.

2.1.2 CONFORTEMENT OU AMELIORATION DU SOL

Si, lors des phases d'étude, il apparaît que le terrain nécessite, dans son ensemble, d'être conforté ou amélioré, le traitement adéquat sera réalisé, en début ou en cours de terrassement, suivant le procédé utilisé.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 21/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.1.2.1 Procédés

Parmi les traitements les plus courants, on peut citer :

- Le pré-chargement, qui consiste à charger le terrain, pour qu'il tasse, avant de construire les bâtiments. Le pré-chargement est réalisé en augmentant les contraintes effectives dans le sol, soit à l'aide d'un remblai en terre élevé sur l'emplacement des futurs bâtiments, soit par pompage dans le sol, sous l'emprise des bâtiments.
- Le drainage des terrains de fondation, sous des remblais par exemple, pour accélérer les tassements dus au poids propre des remblais, avant la construction des bâtiments.
- La substitution des terrains en place, dans un certain volume, par un autre matériau plus adéquat, quitte à réaliser au préalable des parois géotechniques pour réaliser cette substitution.
- Le compactage du terrain, pour limiter les tassements en diminuant l'indice des vides (exemple : compactage statique, compactage dynamique, inclusions, ...).
- L'amélioration des caractéristiques mécaniques du terrain ou comblement de cavités (exemple : injection, ...).

2.1.2.2 Contrôles

Chaque procédé ou traitement sera systématiquement contrôlé in-situ pour vérifier son efficacité. Suivant les procédés, les contrôles seront de nature différente.

Par exemple :

- Pour les pré-chargements et drainages, des mesures de tassements seront effectuées au cours de temps.
- Pour la substitution, des essais à la plaque permettront de vérifier la qualité du matériau mis en place.
- Pour la compaction et l'amélioration des terrains, la comparaison d'essais in-situ appropriés (essais pressiométriques, SPT, pénétrométriques, etc.), réalisés avant et après traitement permettra de quantifier l'amélioration apportée au terrain par le traitement.

Si à la suite des contrôles, le traitement est jugé inefficace ou insuffisant, il est, soit prolongé (cas du pré-chargement par exemple), soit repris, soit complété par un autre procédé.

2.1.3 TERRASSEMENT DES TERRAINS SUPPORT DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL

2.1.3.1 Déblais meubles

2.1.3.1.1 Réalisation et caractérisation

Les déblais peuvent être réalisés en plusieurs phases successives.

L'identification des matériaux de déblais est effectuée afin d'orienter les véhicules de transport vers les zones de stockage, de dépôt ou de mise en remblai.

2.1.3.1.2 Contrôles

Les déblais sont contrôlés essentiellement par topographie. Le respect des tolérances planimétriques et altimétriques dans les talus est assuré par un réglage de ceux-ci en cours de terrassement.

Au cours des terrassements des écarts entre les coordonnées théoriques et les coordonnées relevées des points implantés peuvent être constatés.

Les écarts sont à l'intérieur du profil théorique :

Le terrassement est repris afin d'enlever les matériaux excédentaires.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 22/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les écarts sont à l'extérieur du profil théorique :

Les zones hors profil, plus une surlargeur à l'intérieur du profil, sont remblayées avec des matériaux identiques à ceux de la fouille.

2.1.3.2 Déblais rocheux

2.1.3.2.1 Réalisation

Les dispositifs de tir sont exécutés de manière à limiter les vibrations résultantes à des seuils admissibles et à éviter les projections ou chutes de blocs. Au-delà de la cote théorique des fouilles, toutes les dispositions seront prises pour éviter la fissuration ou la désagrégation du terrain. Ainsi, le choix de l'explosif est conditionné par la réalisation de tirs d'essais préalables.

L'emploi d'un système d'amorçage électrique n'est effectué qu'en l'absence de champ magnétique ou de courant électrique vagabond.

2.1.3.2.2 Contrôles

Tirs :

Chaque plan de tir est contrôlé avant le tir : type d'explosif, coordonnées x, y, z de chaque trou de tir et de la polygonale de tir, diamètre, profondeur, charge et bourrage de chaque trou, mode d'amorçage et type de détonateur de chaque charge, quantité d'explosifs du tir ou de la volée, retards effectifs des charges.

Pour les bâtiments existants, les contrôles suivants sont exécutés :

Vibrations :

La mesure et l'analyse des vibrations impliquent l'utilisation d'une chaîne de mesure adaptée comprenant la détection, la transmission et le stockage des signaux vibratoires, et le traitement et l'impression des résultats.

Vitesses particulières maximales :

Elles sont systématiquement contrôlées sur un spectre de fréquences de vibration

2.1.3.3 Remblais

Le matériau de remblaiement choisi doit répondre aux conditions suivantes :

- Caractéristiques mécaniques suffisantes :
 - en compression, eu égard à la pression au sol des ouvrages,
 - en cisaillement, pour assurer la stabilité des talus,
 - vis à vis du comportement sous sollicitations dynamiques (remblais non liquéfiables, module dynamique adapté aux tassements admissibles),
 - sensibilité à l'eau, au gel....
- Mise en place aisée sur une forme souvent irrégulière,
- Proximité des gisements de matériau,
- Facilité de fabrication sur site.

Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre, comme les remblais meubles compactés, les remblais rocheux, les graves-ciment ou encore le béton.

2.1.3.3.1 Réalisation et caractérisation

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 23/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Des études de mécanique des sols ou de roches préalables au chantier (essais de laboratoire, planches d'essais) permettent de définir le meilleur matériau à mettre en place, et les conditions de mise en place.

Si le remblai doit être compacté, les points suivants sont alors définis :

- teneur en eau et compacité optimale de mise en œuvre : identification, Proctor, CBR, dégradabilité, etc...,
- engins à utiliser, énergie de compactage nécessaire, et conditions d'utilisation des différents compacteurs (vitesse, schéma de balayage...),
- épaisseur maximale des couches,
- éventuels traitements de sols avec leurs modalités d'exécution.

Les conditions d'utilisation des matériaux en remblai ainsi que les prescriptions pour le compactage des remblais meubles s'appuieront sur le document technique publié par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées : « Guide technique – Réalisation des remblais et des couches de forme ».

Les remblais ne doivent pas contenir de mottes de terre végétale, de gazon, de souches, de débris végétaux, de neige, de glace, de vases, de boues, de tourbes, et doivent présenter une certaine homogénéité en grand (absence de niveaux trop compressibles ou au contraire de points durs).

Les opérations de chargement, de transport, de déchargement et de stockage des matériaux, tant pour les mettre en dépôt que pour les répandre, sont effectuées de manière à garder l'intégrité du matériau (notamment, pour les remblais rocheux, on évitera la fêlure, la rupture et le délitage de matériaux).

La mise en dépôt provisoire des matériaux est effectuée de façon à permettre un contrôle de la qualité de ceux-ci

Les remblais sont mis en oeuvre par couches légèrement convexes. Si les matériaux sont sensibles à l'eau, chaque couche élémentaire de remblai est réglée de telle manière qu'après compactage il existe des pentes suffisantes pour assurer une évacuation rapide des eaux de ruissellement et éviter que la couche compactée soit détrempée, se décomprime ou s'altère.

2.1.3.3.2 Contrôles

La nature, la fréquence et la méthode des essais de contrôles de la bonne compacité des matériaux sont définies en fonction de la catégorie des remblais mis en place.

Pour les remblais meubles, le contrôle de la teneur en eau et de densité en place du matériau sera systématiquement effectué (par exemple à l'aide d'un gamma-densimètre Troxler).

Pour les remblais rocheux, des contrôles seront systématiquement réalisés ; à titre d'exemple : mesure de portance ou de résistance pour les graves, ...

- Si les matériaux n'ont pas les qualités requises pour être mis en remblai, ils sont enlevés.
- Si les matériaux présentent une compacité insuffisante, ils sont recompactés jusqu'à obtention de la compacité requise.

2.1.4 MISE HORS D'EAU DES FOUILLES

En règle générale, quel que soit le terrain de fondation, pour des problèmes de sujétions de chantier, il est toujours préférable de mettre les fouilles hors d'eau. Pour certains matériaux, comme les marnes ou les argiles, qui sont sensibles à l'eau, il est indispensable que le fond de fouille soit sec.

De plus, pour pouvoir réaliser des levés de fond de fouille, il est nécessaire de voir le fond de fouille et donc de mettre les fouilles hors d'eau.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 24/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Le système de mise hors d'eau des fouilles est lié à :

- la profondeur de fondations des différents bâtiments,
- les cotes atteintes par la ou les nappes,
- la perméabilité des terrains aquifères,
- la nature des terrains de fondations,
- la superficie des fouilles,
- le risque d'érosion interne des matériaux.

Tous ces paramètres doivent être étudiés pour définir le système de mise hors d'eau des fouilles adéquat pour rabattre la nappe, pendant la durée des travaux, sous la cote du fond de fouille, ou plus profondément si des risques d'instabilité du fond de fouille sont à craindre.

Suivant les cas, il peut s'agir, par exemple, d'une rigole de drainage, de puits filtrants, de réseaux de drainage avec puisards, ou même, la réalisation d'un écran étanche ceinturant les fouilles, couplé éventuellement à des puits filtrants ou des puisards.

Toutes les dispositions doivent être prises pour que l'eau à évacuer soit décantée et non polluée.

2.1.5 RECEPTION DE FOND DE FOUILLES ET CONTROLE

2.1.5.1 Objectifs des levés géologiques

Les objectifs des levés géologiques sont, d'une part de comparer la qualité des terrains de fondation par rapport aux études prévisionnelles, d'autre part d'apporter des mesures correctives éventuelles.

Dans le cas spécifique des ouvrages devant faire l'objet d'un dispositif de drainage visant à les mettre en sécurité vis-à-vis d'un risque de sous-pression ou de venues d'eau liées à un niveau de nappe, les réceptions des fonds de fouille doivent permettre d'avaliser et d'optimiser, voire d'invalidier le dispositif de drainage choisi préalablement en phase d'étude sur la base de reconnaissances non destructives et forcément imparfaites (par exemple, dans le cas d'une fondation rocheuse drainée par des forages, il conviendra de vérifier qu'il y a adéquation entre l'orientation des drains forés et celle des discontinuités géologiques conductrices d'eau).

Ils comprennent les actions suivantes au fur et à mesure des terrassements :

- la cartographie géologique des terrains de fondation ;
- une analyse géologique de la fondation :

a) Fondation rocheuse :

- Dénombrement, hiérarchie, remplissage des fractures (afin de porter un jugement instantané sur la qualité de la fondation pouvant conduire à approfondir ou à un curer certaines zones),
- Appréciation de la conductivité hydraulique des fractures,
- Identification des zones de rocher altéré, et du contact éventuel entre différentes formations.

b) Fondation meuble :

- Nature des matériaux rencontrés,
- Identification des zones altérées et/ou décomprimées.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 25/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.1.5.2 Méthodologie de réception

La qualité des terrains au niveau des fondations des ouvrages et la présence éventuelle d'une nappe phréatique imposent des contraintes pour la réception des fouilles qui devront se traduire par un suivi particulier des terrassements. En particulier des curages complémentaires seront réalisés si un risque local d'inadaptation du terrain en place par rapport aux caractéristiques nécessaires apparaît.

A l'issue de cette réception une décision est prise, soit pour bétonnage ou mise en place de remblais ou de béton de substitution, soit pour laisser le terrain en l'état.

L'ensemble des observations et remarques est consigné sur une fiche dite de réception possédant un numéro d'ordre.

2.1.5.3 Phases de réception

Le phasage des réceptions est le suivant :

- Terrassement jusqu'à la cote théorique du fond de fouille si nécessaire, et nettoyage du fond de fouille si nécessaire.
- Implantation d'un maillage quadrillant la zone, et adapté au type de fondation (10 m / 10 m par exemple pour les grands radiers).
- Levé topographique.
- Levé photographique.
- Levé géologique.
- Point d'arrêt : décision déclenchant la réception à l'issue de laquelle l'accord de substitution est délivré ou retour à des travaux et/ou purges complémentaires.

2.1.5.4 Protection du fond de fouille avant la réalisation des ouvrages

Le fond de fouille doit être protégé des agressions météoriques (pluie, neige, gel ...) s'il devait être laissé à l'air libre avant la mise en place éventuelle des bétons de blocage et de substitution.

2.1.6 BETONS DE BLOCAGE ET DE SUBSTITUTION (SUR FONDATION ROCHEUSE)

2.1.6.1 Etude

En cas de failles ou de zones altérées qui doivent être curées, il est nécessaire de substituer au terrain enlevé un béton de blocage, de modules équivalents au module du rocher « fondable ». Si les volumes de béton à mettre en place sont importants, il peut être envisagé d'utiliser un béton cyclopéen.

Chaque site de centrale dont une partie des bâtiments sont fondés sur un rocher fissuré ou fracturé doit faire l'objet d'une étude particulière, définissant une méthodologie générale de traitement de ces points singuliers.

L'étude en question comporte une définition du rocher « fondable » et les dispositions à prendre au droit des failles et fissures. L'influence possible d'une faille sur telle ou telle fondation est appréciée en fonction de la nature du bâtiment, des caractéristiques de la fondation (charge, géométrie, rigidité), de la dimension et de l'inclinaison de la faille et de la configuration de l'ensemble. Si nécessaire, il faut différencier le cas des grands radiers de celui des fondations isolées de dimensions « modestes ».

2.1.6.2 Réalisation

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 26/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Sur le terrain, les dispositions précises à prendre, notamment la profondeur de curage, sont dans chaque cas déterminées par le géologue.

La mise en place de ce béton de blocage doit être rapide pour éviter l'altération du matériau resté en place.

Toute substitution par béton de blocage est précédée par l'établissement d'une fiche de réception géologique de fouille.

2.1.6.3 Contrôle

Pour les petits volumes (blocage), un contrôle visuel est effectué, pour s'assurer qu'il n'existe pas entre le rocher « fondable » et le béton de blocage, soit un vide (dû au retrait du béton par exemple), soit une frange de matériau altéré.

Pour les volumes importants (substitution), un contrôle visuel est aussi effectué, sur les zones d'interface rocher « fondable » - béton de substitution. Des essais à la plaque peuvent être réalisés, suivant la géométrie de la zone substituée, pour vérifier le module du béton de substitution.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 27/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2 BETONS

2.2.1 CONSTITUANTS

2.2.1.1 Prescriptions générales

L'origine et les caractéristiques des constituants font l'objet d'un dossier justifiant a minima le respect des spécifications du présent document.

Les épreuves d'étude et de convenance ne sont valables que pour des constituants d'origine et de caractéristiques déterminées et pour une formulation donnée.

Aucun changement n'est autorisé lors de la réalisation sans la constitution d'un dossier adapté de nouvelles épreuves d'étude et de convenance prouvant le respect des mêmes prescriptions.

Lors des épreuves de contrôle, tout écart par rapport aux spécifications est relevé ; les matériaux concernés sont isolés jusqu'à la décision définitive.

2.2.1.2 Ciments

2.2.1.2.1 Caractéristiques générales

Les ciments sont conformes à la norme NF EN 197-1 et font l'objet d'une certification de conformité par l'admission à la marque "NF - Liants Hydrauliques".

S'il est fait exceptionnellement usage de ciments spéciaux non normalisés, ceux-ci font l'objet d'un contrôle équivalent au règlement de la marque "NF – Liants Hydrauliques" par un laboratoire accrédité COFRAC.

2.2.1.2.2 Ciments pour béton précontraint (enceinte du BR)

Les ciments utilisés sont inscrits sur la liste de la marque "NF - Liants hydrauliques" avec la mention CP1 pour la précontrainte par post-tension et CP2 pour la précontrainte par pré-tension. Ces ciments sont conformes à la norme NF P 15-318.

Les ciments utilisés pour l'enceinte du bâtiment réacteur doivent en outre respecter les prescriptions du paragraphe 2.2.1.2-4.

2.2.1.2.3 Ciments pour travaux en milieux contenant des sulfates (sols ou solutions)

Lorsque la classe d'agressivité XA1, XA2 ou XA3 selon la norme NF EN 206-1 résulte de la présence de sulfates :

- les ciments utilisés pour les bétons soumis à la classe d'exposition XA1 sont inscrits sur la liste de la marque "NF - Liants hydrauliques" avec la mention "PM" (prise mer) et la composition du liant doit être telle qu'il respecte les exigences de la norme NF P 15-317,
- les ciments utilisés pour les bétons soumis aux classes d'environnement XA2 et XA3 sont inscrits sur la liste de la marque "NF - Liants hydrauliques" avec la mention "ES" (travaux en eaux à haute teneur en sulfates) et la composition du liant doit être telle qu'il respecte les exigences de la norme XP P 15-319.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 28/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.2.4 Ciments pour bétons en grande masse (radier de fondation, radier de l'UN, enceinte du BR et parois des piscines notamment)

Les ciments utilisés pour les bétons en grande masse ont une chaleur d'hydratation, mesurée selon la norme NF EN 196-9, inférieure à 270 J/g à 41h.

Toutefois, si les spécifications sur l'élévation de température du béton lors de la prise du paragraphe 2.2.2.10-5 peuvent être respectées, un ciment à plus forte chaleur d'hydratation peut être utilisé.

2.2.1.2.5 Conditions de livraison et de stockage

Les ciments sont livrés :

- soit directement par l'usine productrice,
- soit par un centre de distribution considéré par le comité particulier de la marque "NF - Liants hydrauliques" comme terminal de l'usine.

L'ensemble des opérations de transport et de stockage des liants est conçu de manière à éviter :

- le mélange entre différents ciments,
- la pollution des ciments, en particulier lors de leur transport,
- une erreur d'identification
- leur exposition aux intempéries.

Les ciments livrés en vrac sont stockés en silos, selon leur qualité, avec, pour chaque qualité de ciment, au moins deux silos, de façon à avoir toujours un silo en remplissage et un silo en vidange.

Chaque silo est muni :

- d'une colonne montante indépendante équipée de dispositifs évitant tout risque de remplissage inopiné du silo,
- de dispositifs de contrôle de stock ou d'écoulement (détecteur de niveau, système anti-voûte).

La capacité de stockage des ciments correspond à une semaine de consommation à la plus forte cadence de bétonnage.

Au moment de son emploi, le ciment a une température inférieure à 50°C et toutes les dispositions sont prises pour qu'il en soit ainsi quelle que soit la température du ciment au moment de la livraison.

2.2.1.2.6 Vérifications et contrôles

Il est procédé :

a) Pour chaque camion ou conteneur de livraison et par qualité de ciment :

- à une vérification des emballages, des marquages et des bordereaux de livraisons,
- à un essai d'identification rapide du ciment, afin de détecter une erreur éventuelle dans la livraison. Cet essai est effectué sur le chantier dès l'arrivée du ciment et avant son transfert dans le silo, selon la norme P 15-466.

b) Par jour de livraison et par qualité de ciment :

- au contrôle des caractéristiques suivantes :
 - détermination du temps de prise et de la stabilité (selon NF EN 196-3),
 - détermination de la finesse (selon NF EN 196-6).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 29/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les prélèvements pour essais sont effectués conformément à la NF EN 196-7 à l'arrivée du ciment sur le chantier. Dix kilogrammes de ciment prélevés sont réservés au titre du prélèvement conservatoire. Les résultats de ces essais doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 197-1 pour la classe de ciment concernée. Lorsque l'usine de production est certifiée ISO 9001 et les livraisons de la qualité de ciment journalières, la fréquence des contrôles peut être abaissée à deux jours.

c) Une fois par mois et par qualité de ciment :

- à un essai de résistance à la compression à 28 j,
- à un essai de résistance à la compression à 2 j pour les ciments à résistance à court terme élevée.

Ces essais sont effectués conformément à la NF EN 196-1, ils sont réalisés à titre de vérification des caractéristiques des ciments utilisés en relation avec celle des bétons. Les prélèvements sont effectués à la centrale à béton et correspondent au ciment utilisé dans la gâchée qui fait l'objet d'un essai de contrôle de béton. Les résultats doivent être conformes aux spécifications de la NF EN 197-1 pour la classe de ciment concernée.

d) Pour les ciments utilisés pour les bétons en grande masse, à une mesure de la chaleur d'hydratation, selon la norme NF EN 196-9, tous les 500 m³ de béton mis en oeuvre. Les résultats doivent respecter les prescriptions du paragraphe 2.2.1.2.-4.

2.2.1.3 Granulats pour bétons et mortiers hydrauliques

2.2.1.3.1 Prescriptions générales

Les granulats utilisés sont naturels et courants, et respectent a minima les spécifications de la catégorie B de la norme XP P 18-540.

2.2.1.3.2 Dossier carrière

Un dossier d'identification et de caractérisation du gisement (dossier carrière) est établi à partir de sondages carottés sur les entités géologiques qui seront exploitées au cours de la construction.

Ce dossier, établi en étude (par exemple selon les principes du "Guide pour l'élaboration du dossier carrière" (LCPC, juin 1994)), présente le plan d'exploitation de la carrière et contient les résultats des essais suivants pour les différentes entités géologiques :

- identification des granulats par analyse pétrographique selon la norme P 18-557,
- détermination de l'indice de continuité de la roche pour matériaux concassés selon P 18-556,
- caractéristiques intrinsèques et de fabrication : les essais sont réalisés conformément aux normes référencées dans la norme XP P 18-540,
- coefficient de friabilité des sables selon la norme P 18-576,
- coefficient micro-Deval en présence d'eau selon la norme P 18-572,
- sensibilité au gel selon la norme P 18-593,
- classement vis-à-vis de l'alcali-réaction (selon les prescriptions du paragraphe 2.2.1.3-3).

2.2.1.3.3 Alkali-réaction

Chaque type de granulat entrant dans la composition du béton est classé soit comme non réactif (NR), soit comme potentiellement réactif (PR), soit comme potentiellement réactif à effet de pessimum (PRP). Ce classement doit être effectué par un laboratoire spécialisé selon le fascicule de documentation P 18-542. La qualification d'une production sera réalisée conformément aux "Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction" (LCPC, juin 1994).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 30/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Le niveau de prévention retenu vis-à-vis de l'alcali-réaction est le niveau C.

Compte tenu des gisements locaux, l'utilisation de granulats PR ou PRP est possible sous réserve que les prescriptions du paragraphe 2.2.2.6 soient respectées : les teneurs en alcalins du ciment et du béton seront maîtrisées et on s'assurera de la non-réactivité de la formule dopée en alcalins, tout en évaluant la marge de sécurité disponible vis-à-vis du seuil de déclenchement de la réaction.

2.2.1.3.4 Teneur en chlorures et sulfures

La teneur en chlorures et sulfures des granulats est telle que le critère global dans le béton, figurant au paragraphe 2.2.2.5, est respecté.

A cet effet, les granulats marins sont lavés à l'eau douce afin de respecter la teneur maximale en ions chlore.

La taille maximale des grains de pyrite et autres composés métalliques oxydables est limitée à 2 mm.

2.2.1.3.5 Prescriptions complémentaires pour les bétons précontraints et/ou devant assurer une étanchéité à l'air (enceinte du BR) et bétons « BHP » à fluage limité (plots)

Les granulats utilisés respectent les spécifications de la catégorie A de la norme XP P 18-540.

En complément des prescriptions de cette norme, le coefficient de friabilité des sables, selon la norme P 18-576, est inférieur ou égal à 30 ($FS \leq 30$) et les sables utilisés ont des fuseaux de régularité entrant à l'intérieur du fuseau de spécification suivant :

Tamis en mm	Tamisats POURCENTAGE DU POIDS TOTAL DU SABLE	
	au moins	au plus
5	98	-
2,5	85	95
1,25	65	85
0,63	40	60
0,315	20	38
0,16	10	20
0,08 alluvionnaire	2	6
0,08 concassé	2	10

Si le sable extrait ou fabriqué a une granularité qui ne s'inscrit pas dans le fuseau, il est soit traité, soit mélangé avec un ou plusieurs autres sables. Si nécessaire le dosage séparé des sables élémentaires est effectué à la centrale à béton.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 31/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.3.6 Prescriptions complémentaires pour les bétons soumis au gel sévère

Les granulats utilisés pour les bétons soumis à la classe d'exposition XF3 selon la norme NF EN 206-1 (surfaces horizontales exposées à la pluie et au gel) sont non gélifs au sens de la norme XP P 18-540.

En complément, l'absorption d'eau des sables et gravillons respecte les spécifications de la catégorie A de la norme XP P 18-540 (Ab : Vss 2,5%).

2.2.1.3.7 Epreuves d'étude, de convenance et de contrôle

Les granulats doivent satisfaire :

- aux épreuves d'étude et de convenance, avant leur approvisionnement sur chantier,
- aux épreuves de contrôle, avant leur emploi dans les bétons.

Toutefois, si des procès-verbaux d'essais réalisés par un laboratoire accrédité COFRAC prouvant que les granulats présentent certaines des caractéristiques requises peuvent être fournis, les essais correspondants peuvent ne pas être refaits dans le cadre de l'épreuve d'étude.

Le tableau ci-après récapitule les essais des épreuves d'étude, de convenance et de contrôle en cours d'exécution en indiquant la fréquence pour les essais de contrôle.

	ESSAIS	NORMES	EPREUVES		
			ETUDE	CONVENANCE	CONTROLE
FILLERS 0/D (D<2mm) et SABLONS 0/D (D≤1mm)	Analyse granulométrique par tamisage	P 18-560	X	X	1 par jour de livraison
	Propreté : Valeur de bleu de méthylène	NF EN 933-9	X	X	1 par jour de livraison
	Alcali-réaction	P 18-542	X		
SABLES 0/D 1<D≤6,3mm	Friabilité des sables	P 18-576	X		
	Propreté des sables : Equivalent de sable à 10% de fines	P 18-597	X	X	1 par jour de livraison
	Matières organiques : essai colorimétrique	NF EN 1744-1	X	X	1 par mois pour les matériaux alluvionnaires
GRAVILLONS d/D d≥1mm D≤125mm	Indice de continuité (de la roche pour matériaux concassés)	P 18-556	X		
	Micro Deval en présence d'eau (pour bétons particulièrement soumis à l'action des eaux)	P 18-572	X		
	Los Angeles	P 18-573	X	X	
	Sensibilité au gel	P 18-593	X		
	Propreté superficielle	P 18-591	X	X	1 par jour de livraison
	Aplatissement	P 18-561	X	X	1 par semaine
SABLES et GRAVILLONS	Identification des granulats	P 18-557	X		
	Analyse granulométrique par tamisage	P 18-560	X	X	1 par jour de livraison
	Masse volumique, porosité, coefficient d'absorption, teneur en eau	P 18-554 P 18-555	X	X	teneur en eau : 1 par jour de bétonnage
	Alcali-réaction	P 18-542	X		
	Détermination de la teneur en soufre total	NF EN 1744-1	X		
	Dosage gravimétrique du sulfate	NF EN 196-2	X		
	Teneur en chlorure	NF EN 1744-1	X		
	Teneur en chlorure des granulats marins	NF EN 1744-1	X	X	1 par jour de livraison

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 32/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.3.8 Stockage

Les granulats de catégories différentes ou de classes granulaires distinctes sont stockés par lots séparés pour éviter les mélanges.

Les capacités de stockage sur le chantier ou à proximité, des différentes catégories de granulats, correspondent à une semaine de consommation à la plus forte cadence de bétonnage.

Les aires de stockage et de circulation autour du stockage sont drainées et revêtues d'une couche de béton, ou traitées pour assurer des conditions de propreté équivalentes.

Toutes précautions sont prises pour éviter la ségrégation des granulats au cours du stockage ou de la reprise et pour empêcher que les boues qui peuvent s'accumuler sur les aires de stockage et les fonds de silos ne soient entraînées dans les bétons et mortiers ; ces aires de stockage et fonds de silos sont périodiquement purgés et lavés.

2.2.1.4 Additions

2.2.1.4.1 Généralités

On appelle addition un matériau minéral finement divisé utilisé dans le béton pour améliorer certaines propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières. Les additions normalisées sont les suivantes:

- cendres volantes de charbon,
- additions calcaires,
- additions siliceuses,
- fumées de silice,
- laitier vitrifié moulu de haut-fourneau.

Ce paragraphe 2.2.1.4 ne traite pas des constituants directement ajoutés au clinker (ajouts) dans les ciments composés.

2.2.1.4.2 Caractéristiques générales

Les additions pour béton utilisées font l'objet d'une certification de conformité par l'obtention du marquage CE.

Lors des vérifications et contrôles à la réception des additions, les essais d'identification rapide sont effectués avant transfert dans le silo.

2.2.1.4.3 Livraison et stockage sur chantier

Les conditions de livraison et de stockage des ciments prévues au paragraphe 2.2.1.2-5, s'appliquent également aux additions.

Les additions sont stockées en silo. La capacité de stockage sur le chantier correspond à trois semaines de consommation à la plus forte cadence de bétonnage.

Dans le cas d'un transport en vrac par citerne routière étanche, un certificat de propreté de chaque citerne est annexé au bon de livraison.

Un prélèvement conservatoire de 5 kg d'additions est effectué sur chaque lot à la livraison sur chantier. Il est placé dans un conditionnement étanche à l'eau, et entreposé dans un local sec.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 33/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.4.4 Cendres volantes de charbon

Les cendres volantes pour béton utilisées sont conformes à la norme NF EN 450-1.

a) Caractéristiques physiques et chimiques

En complément de la norme NF EN 450-1, le besoin en eau fait l'objet d'une détermination selon la norme NF P 18-507. Une plage de variation de sa valeur est fixée à partir des valeurs moyennes mesurées lors de l'épreuve d'étude des bétons.

Les cendres volantes utilisées respectent a minima les spécifications de la catégorie B de la norme NF EN 450-1. Les spécifications de la catégorie A de la norme NF EN 450-1 sont respectées si elles sont utilisées dans un béton précontraint et/ou devant assurer une étanchéité (enceinte du BR), dans un BHP à fluage limité (plots) ou dans un béton soumis à la classe d'exposition XF3 selon la norme NF EN 206-1 (surfaces horizontales exposées à la pluie et au gel).

b) Vérifications et contrôles à la réception

Les vérifications et contrôles à la réception sont effectués sur chaque lot de cendres volantes livré sur le chantier.

La réception porte sur :

- la vérification du bordereau de livraison,
- le contrôle du besoin en eau selon la norme NF P 18-507, pris comme essai d'identification rapide. Le résultat doit être dans la plage de variation fixée par les études de formulation,
- le contrôle de la finesse mesurée selon la méthode décrite dans la norme NF EN 451-2. Le résultat doit être conforme aux spécifications de la norme NF EN 450-1.

2.2.1.4.5 Additions calcaires

Les additions calcaires pour béton utilisées sont conformes à la norme NF P 18-508.

a) Caractéristiques physiques et chimiques

En complément de la norme NF P 18-508, le besoin en eau fait l'objet d'une détermination selon la norme NF P 18-507. Une plage de variation de sa valeur est fixée à partir des valeurs moyennes mesurées lors de l'épreuve d'étude des bétons.

b) Vérifications et contrôles à la réception

Les vérifications et contrôles à la réception sont effectués sur chaque lot d'additions calcaires livré sur le chantier.

La réception porte sur :

- la vérification du bordereau de livraison,
- le contrôle du besoin en eau selon la norme NF P 18-507, pris comme essai d'identification rapide. Le résultat doit être dans la plage de variation fixée par les études de formulation,
- le contrôle de la granularité et de la finesse (surface massique Blaine) selon les normes référencées dans la norme NF P 18-508. Le résultat doit être conforme aux spécifications de la norme NF P 18-508.

2.2.1.4.6 Additions siliceuses

Les additions siliceuses pour béton utilisées sont conformes à la norme NF P 18-509.

a) Caractéristiques physiques et chimiques

En complément de la norme NF P 18-509, le besoin en eau fait l'objet d'une détermination selon la norme NF P 18-507. Une plage de variation de sa valeur est fixée à partir des valeurs moyennes mesurées lors de l'épreuve d'étude des bétons.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 34/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Si des additions siliceuses sont utilisées dans un béton précontraint et/ou devant assurer une étanchéité (enceinte du BR) ou dans un « BHP » à fluage limité (plots), celles-ci respectent les spécifications du type A de la norme NF P 18-509.

b) Vérifications et contrôles à la réception

Les vérifications et contrôles à la réception sont effectués sur chaque lot d'additions siliceuses livré sur le chantier.

La réception porte sur :

- la vérification du bordereau de livraison,
- le contrôle du besoin en eau selon la norme NF P 18-507, pris comme essai d'identification rapide. Le résultat doit être dans la plage de variation fixée par les études de formulation,
- le contrôle de la granularité et de la finesse (surface massique Blaine) selon les normes référencées dans la norme NF P 18-509. Le résultat doit être conforme aux spécifications de la norme NF P 18-509 pour le type d'addition siliceuse et la finesse concernée.

2.2.1.4.7 Fumées de silice

Les fumées de silice pour béton utilisées sont conformes à la norme NF P 18-502.

a) Caractéristiques physiques et chimiques

Les fumées de silice utilisées respectent les spécifications de la classe A de la norme NF P 18-502.

Des caractéristiques complémentaires font l'objet d'une détermination conformément à la norme NF P 18-502 :

- besoin en eau.
- masse volumique apparente.

Des plages de variation de leurs valeurs sont fixées à partir des valeurs moyennes mesurées lors de l'épreuve d'étude des bétons.

b) Usine de production et unités de traitement des fumées de silice

Le choix de l'usine de production et des unités de traitement est justifié. Sauf nouvelle justification, aucun changement de ces éléments n'est admis durant les travaux.

c) Livraison et stockage sur chantier

En complément des spécifications du paragraphe 2.2.1.4-3, un stockage tampon qui correspond au minimum à six semaines de consommation de fumées de silice à la plus forte cadence de bétonnage est constitué.

Le volume du stock doit être géré en adéquation avec les exigences de production en usine et unités de traitement, en particulier il doit être augmenté avant arrêt hivernal de production de fumées de silice lorsque celui-ci est programmé, de façon à ce que la règle du stock minimal de six semaines soit respectée à la fin de cet arrêt.

d) Vérifications et contrôles à la réception

Les vérifications et contrôles à la réception sont effectués sur chaque lot de fumées de silice livré sur le chantier.

La réception porte sur :

- la vérification du bordereau de livraison,
- le contrôle du besoin en eau pris comme essai d'identification rapide. Le résultat doit être dans la plage de variation fixée par les études de formulation,
- le contrôle de masse volumique apparente. Le résultat doit être dans la plage de variation fixée par les études de formulation.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 35/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.4.8 Laitier vitrifié moulu de haut fourneau

Le laitier vitrifié moulu de haut fourneau pour béton utilisé est conforme à la norme NF P 18-506. Les vérifications et contrôles à la réception sont effectués sur chaque lot de laitier vitrifié moulu de haut fourneau livré sur le chantier.

La réception porte sur :

- la vérification du bordereau de livraison,
- le contrôle de la granularité et de la surface massique Blaine selon les normes référencées dans la norme NF P 18-506. Le résultat doit être conforme aux spécifications de la norme NF P 18-506 pour la catégorie concernée.

2.2.1.5 Adjuvants et produits de cure

2.2.1.5.1 Prescriptions générales

Les adjuvants et les produits de cure utilisés font l'objet d'une certification de conformité par l'admission à la marque "NF – Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis, produits de cure".

Les conditions d'emploi des adjuvants et des produits de cure sont conformes à celles données par le fabricant dans sa notice technique. Lorsque la date limite d'utilisation figurant sur le certificat du fabricant est dépassée, les produits ne sont plus employés.

Le stockage des adjuvants et des produits de cure doit s'effectuer dans un local les protégeant des intempéries et notamment du gel tout en respectant les conditions de stockage prévues par le fabricant dans sa notice technique.

2.2.1.5.2 Adjuvants

Les adjuvants utilisés sont conformes à la norme NF EN 934-2.

La capacité de stockage des adjuvants sur le chantier correspond à trois semaines de consommation à la plus forte cadence de bétonnage.

A chaque lot livré sur le chantier, une vérification du bordereau de livraison est réalisée.

Tous les 1 500 litres livrés sur chantier, il est procédé pour chaque adjuvant :

- au contrôle de la densité relative,
- au contrôle de l'extrait sec conventionnel.

Les résultats de ces contrôles doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 934-2.

2.2.1.5.3 Produits de cure

Les produits de cure utilisés sont conformes à la norme NF P 18-370.

La capacité de stockage sur le chantier est à adapter aux cures à réaliser.

A chaque lot livré sur le chantier, une vérification du bordereau de livraison est réalisée.

Tous les 200 litres de produit de cure livrés sur chantier, il est procédé :

- au contrôle de la densité relative, le résultat doit être dans la plage de variation de la fiche technique du fournisseur,
- au contrôle de l'extrait sec conformément à la norme NF P 18-370.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 36/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.1.6 Eau de gâchage

L'eau de gâchage est conforme à la norme NF EN 1008.

La teneur en chlorures de l'eau de gâchage doit permettre de respecter le critère global dans le béton, figurant au paragraphe 2.2.2.5.

L'analyse de l'eau de gâchage est effectuée à l'ouverture du chantier et a minima une fois par trimestre.

2.2.2 ETUDE ET COMPOSITION

2.2.2.1 Prescriptions générales

Les bétons sont à propriétés spécifiées, ils respectent les spécifications de la norme NF EN 206-1 complétées par les exigences complémentaires des paragraphes 2.2.2.2 à 2.2.2.9.

Le type de béton (classe de résistance, consistance cible, granularité, type de ciment) est adapté à l'environnement auquel se destine le béton.

La grosseur maximale des granulats est en rapport avec les dimensions de l'ouvrage et la maille du ferrailage. Il n'est mis en œuvre dans un élément d'ouvrage déterminé que des bétons composés avec des granulats de la grosseur maximale ainsi fixée.

2.2.2.2 Résistance à la compression

Les classes de résistance sont définies à la conception des ouvrages. Ces classes de résistance se réfèrent à des valeurs spécifiées de la résistance caractéristique en compression à 28 jours des bétons mesurée sur cylindre $f_{c28-cyl}$; elles sont définies par la norme NF EN 206-1.

2.2.2.3 Consistance des bétons

Une valeur cible de consistance est fixée au cours des études de béton en fonction de la densité de ferrailage de l'ouvrage à bétonner et des moyens de mise en œuvre prévus sur le chantier.

Il pourra être fait utilisation hors béton précontraint (enceinte du BR) et « BHP » à fluage limité (plots) de bétons auto-plaçants (BAP), pour les radiers notamment.

2.2.2.4 Formule nominale

La composition de chaque type de béton est définie par une formule nominale qui indique par mètre cube de béton en œuvre :

- la dénomination et le poids (matériaux secs), des diverses catégories de granulats et des additions éventuelles,
- la dénomination et la masse du liant,
- la dénomination, le pourcentage d'extraits secs et la masse des adjuvants éventuels,
- le volume total d'eau : volume d'eau de gâchage plus volume d'eau apporté par les différents constituants du béton :
 - granulats,
 - additions éventuelles,
 - adjuvants.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 37/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.2.5 Teneurs en éléments agressifs

La teneur en chlorures apportés par tous les constituants des bétons respecte :

- les spécifications de la classe CI 0,20 de la norme NF EN 206-1 pour les bétons armés,
- les spécifications de la classe CI 0,10 de la norme NF EN 206-1 pour les bétons précontraints (enceinte du BR).

La teneur en ions sulfures S^{2-} apportés par tous les constituants du béton est limitée à 0,5% de la masse de ciment pour le béton précontraint.

2.2.2.6 Prescriptions spéciales pour l'utilisation de granulats potentiellement réactifs

Lorsque les granulats utilisés sont classés PR ou PRP par un laboratoire spécialisé selon le fascicule de documentation P 18-542, les prescriptions suivantes doivent être respectées :

- teneur moyenne en alcalins du ciment $< 0,6\%$ en Na_2O équivalent,
- teneur moyenne en alcalins actifs du béton, exprimée en Na_2O équivalent :
 - $< 2,2 \text{ kg/m}^3$ pour les bétons de l'Unité Nucléaire (UN),
 - $< 2,6 \text{ kg/m}^3$ pour les bétons des Bâtiments Nucléaires Associés (BNA),
- le test de la non réactivité de la formule béton du paragraphe 2.2.2.10-3 doit être concluant.

2.2.2.7 Prescriptions spéciales pour les bétons soumis au gel sévère

Les bétons soumis à la classe d'exposition XF3 selon la norme NF EN 206-1 sont formulés avec un adjuvant entraîneur d'air afin de respecter la teneur minimale en air du béton frais prescrite par la norme NF EN 206-1 (4%).

Toutefois, compte tenu de leur résistance intrinsèque et de l'effet "entraîneur d'air" de certains superplastifiants, il est possible de s'affranchir de l'utilisation d'un adjuvant entraîneur d'air pour les bétons à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50 \text{ MPa}$), sous réserve que les prescriptions du paragraphe 2.2.2.10-8 soient respectées.

2.2.2.8 Prescriptions spéciales pour les bétons auto-plaçants (BAP)

Le cas échéant, les bétons auto-plaçants sont formulés selon les recommandations du projet national BAP, éditées par l'AFGC.

2.2.2.9 Prescriptions spéciales pour les « BHP » à fluage limité (plots)

Les BHP utilisés pour les plots sont formulés de façon à limiter les retraits (thermique, endogène et de dessiccation) et les fluages (propre et de dessiccation). Pour ce faire, les granulats respectent les prescriptions du paragraphe 2.2.1.3-5, le squelette granulaire est optimisé, le volume de pâte limité et l'utilisation de fumées de silice conseillée.

2.2.2.10 Epreuve d'étude

L'étude de la composition d'un béton comporte la détermination de la formule nominale du béton et l'exécution de l'épreuve d'étude. Cette étude est réalisée suffisamment tôt de façon à effectuer l'épreuve de convenance avant tout bétonnage.

La confection et la conservation des éprouvettes pour cette épreuve est conforme à la norme NF P 18-404.

L'épreuve d'étude fait l'objet d'un dossier de justification de conformité.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 38/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.2.10.1 Etude de la validité de la formule

Elle porte sur les gâchées suivantes :

- 3 gâchées réalisées selon la formule nominale,
- 1 gâchée dérivée de la formule nominale pour laquelle les quantités des constituants solides sont celles de la formule nominale auxquelles on ajoute une fois les tolérances données au paragraphe 2.2.3.1 et les quantités des constituants liquides sont celles de la formule nominale auxquelles on retire une fois les tolérances,
- 1 gâchée dérivée de la formule nominale pour laquelle les quantités des constituants solides sont celles de la formule nominale auxquelles on retire une fois les tolérances données au paragraphe 2.2.3.1 et les quantités des constituants liquides sont celles de la formule nominale auxquelles on ajoute une fois les tolérances.

Chaque gâchée donne lieu à un prélèvement à partir duquel sont effectués :

- un essai de consistance adapté à l'ouvrabilité du béton (essai d'affaissement selon norme NF EN 12350-2 ou essai d'étalement à la table à choc selon la norme NF EN 12350-5),
- un essai de détermination de la teneur en air du béton frais selon la norme NF EN 12350-7,
- une détermination de la durée pratique d'utilisation du béton, à une température représentative des conditions prévisibles de mise en œuvre, par mesure régulière de la consistance au cours du temps selon l'essai adapté à l'ouvrabilité du béton,
- un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 j mesurée sur trois éprouvettes cylindriques selon la norme NF EN 12390-3, le résultat retenu est pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur les éprouvettes,
- un essai de détermination de la masse volumique selon la norme NF EN 12390-7, le résultat retenu est pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur les trois éprouvettes de détermination de la résistance à la compression à 28 jours,
- un essai de détermination de la porosité selon le mode opératoire EDF-TEGG CE 02-033.

Le ciment utilisé pour l'épreuve d'étude fait l'objet d'un essai de résistance à la compression selon la norme NF EN 196-1 et d'un prélèvement conservatoire.

L'épreuve d'étude est considérée comme probante si les conditions suivantes sont toutes remplies :

- tous les résultats de consistance se trouvent dans la plage de tolérance relative à la valeur cible de consistance, les tolérances sont données dans la norme NF EN 206-1,
- la moyenne arithmétique (f_{cE}) des résultats retenus de résistance à la compression à 28 j, effectués sur les trois gâchées répondant à la formule nominale, satisfait les deux conditions suivantes :

$$f_{cE} \geq f_{c28} + C_E - (C_{moy} - 3Sc) + 3$$

$$f_{cE} \geq \begin{cases} 1,2 f_{c28} & \text{pour } f_{c28} < 50 \text{ MPa} \\ 1,15 f_{c28} & \text{pour } f_{c28} \geq 50 \text{ MPa} \end{cases}$$

- les résultats retenus de résistance à la compression à 28j, effectués sur chacune des gâchées dérivées, satisfont les deux conditions suivantes :

$$f_c \geq f_{c28} + C_E - (C_{moy} - 3Sc)$$

$$f_c \geq 1,1 f_{c28}$$

Dans ces inégalités (les valeurs étant exprimées en MPa) :

- f_{cE} est la moyenne arithmétique des résultats retenus de résistance à la compression à 28 j effectués sur les trois gâchées nominales,
- f_c est le résultat retenu de résistance à la compression à 28 j effectué sur une gâchée dérivée,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 39/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- f_{c28} est la valeur caractéristique requise de la résistance à la compression à 28 j,
- C_E est la résistance à la compression à 28 j du ciment utilisé pour l'épreuve d'étude,
- C_{moy} est la valeur moyenne de la résistance à la compression à 28 j du ciment, observée par le fournisseur au cours des six mois précédant l'épreuve d'étude,
- Sc est l'écart type des valeurs utilisées pour déterminer C_{moy} .

2.2.2.10.2 Etude de sensibilité de la formule

Elle porte sur les gâchées suivantes :

- 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité de ciment de +7,5% pour l'une et de - 7,5% pour l'autre,
- 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité d'eau de gâchage de +7,5% pour l'une et de - 7,5% pour l'autre,
- 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité d'adjuvant de +7,5% pour l'une et de - 7,5% pour l'autre,
- Pour chaque type d'addition y compris fumée de silice, 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité d'addition de +7,5% pour l'une et de - 7,5% pour l'autre.

Chaque gâchée donne lieu à un prélèvement à partir duquel sont effectués :

- un essai de consistance adapté à l'ouvrabilité du béton (essai d'affaissement selon norme NF EN 12350-2 ou essai d'étalement à la table à choc selon la norme NF EN 12350-5),
- un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 j mesurée sur trois éprouvettes cylindriques selon la norme NF EN 12390-3, le résultat retenu est pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur les éprouvettes.

Cette étude fait l'objet d'une analyse. En fonction des conclusions de cette étude, des contrôles spécifiques de fabrication peuvent être imposés.

2.2.2.10.3 Prescriptions complémentaires pour l'utilisation de granulats potentiellement réactifs

L'épreuve d'étude comprend en outre un test de non-réactivité de la formule nominale. Ce test est réalisé selon la norme XP P 18-454 complétée comme suit :

- dosage des alcalins à 150% de la quantité initiale déterminée selon XP P 18-454 lorsque le béton est destiné à l'Unité Nucléaire (UN),
- dosage des alcalins à 125% de la quantité initiale déterminée selon XP P 18-454 lorsque le béton est destiné aux autres bâtiments,
- mesure des variations dimensionnelles selon les échéances définies dans la norme jusqu'à 9 mois.

Le critère d'acceptation est une expansion des éprouvettes à 9 mois inférieure à 0,02%.

Il est réalisé en outre une étude paramétrée en fonction du dosage en alcalins afin de déterminer le seuil de déclenchement de la réaction.

2.2.2.10.4 Prescriptions complémentaires pour les bétons précontraints (enceinte du BR)

L'épreuve d'étude comprend en outre, sur chaque gâchée réalisée dans le cadre de l'étude de validité de la formule (3 gâchées selon la formule nominale et deux gâchées dérivées), un essai de détermination de la résistance à la traction à 28 jours mesurée par fendage sur trois éprouvettes cylindriques, selon la norme NF EN 12390-6, le résultat retenu est pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur les trois éprouvettes.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 40/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

L'épreuve d'étude est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1, tous les résultats de résistance à la traction à 28 jours respectent la valeur caractéristique requise, et a minima la valeur prise en compte en conception ($f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ selon le BPEL 91).

2.2.2.10.5 *Prescription complémentaire pour les bétons en grande masse (radier de l'UN et enceinte du BR notamment)*

L'épreuve d'étude comprend en outre un essai semi-adiabatique de la formule nominale de béton pendant la prise dans un calorimètre Qab du LCPC. Le Qab ainsi mesuré doit être inférieur à 20°C.

Il est réalisé en outre une simulation numérique de l'élévation de température des pièces les plus massives afin de vérifier que les critères du paragraphe 2.2.3.3-2 sont respectés.

2.2.2.10.6 *Prescriptions complémentaire pour les bétons devant assurer une étanchéité à l'air (enceinte du BR)*

Pour les bétons devant assurer une étanchéité à l'air, tous les résultats des essais de porosité prévus au paragraphe 2.2.2.10-1 sont inférieurs à 15%.

D'autre part, les épreuves complémentaires suivantes sont réalisées et probantes :

- résistance à la traction à 28 jours par fendage, telle que prévue au paragraphe 2.2.2.10-4,
- détermination du Qab, telle que prévue au paragraphe 2.2.2.10-5.

L'épreuve d'étude comprend en outre, sur la formule nominale, un essai de détermination des coefficients de perméabilité à l'air en trois états selon le mode opératoire EDF-TEGG CE 01-160.

L'épreuve d'étude est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1, les résultats de perméabilité à l'air satisfont aux conditions suivantes :

- béton saturé : $\leq X m^2$
- béton séché 24h à 40°C : $\leq X m^2$ REDACTION RESERVEE (Critères d'acceptation)
- béton séché à 105°C : $\leq X m^2$

2.2.2.10.7 *Prescription complémentaire pour les bétons destinés à être mis en œuvre à la pompe*

L'épreuve d'étude comprend en outre, pour les bétons destinés à être mis en œuvre à la pompe, un essai de pompage avec une longueur de tuyaux réalisant un tracé comparable à celui de la conduite à utiliser pendant les travaux dans les cas les plus difficiles.

Pour les bétons "classiques" c'est à dire dont nous disposons d'un retour d'expérience formalisé, cet essai peut être réalisé lors de l'épreuve de convenance. Pour les bétons innovants (bétons auto-plaçants notamment), cet essai doit être réalisé lors de l'épreuve d'étude.

2.2.2.10.8 *Prescriptions complémentaires pour les bétons soumis au gel sévère*

Pour les bétons soumis à la classe d'exposition XF3 selon la norme NF EN 206-1, tous les résultats des essais de teneur en air du béton frais prévus au paragraphe 2.2.2.10-1 respectent la teneur minimale prescrite par la norme NF EN 206-1 (4% minimum).

L'épreuve d'étude comprend en outre :

Bétons formulés avec un adjuvant entraîneur d'air :

- une mesure du facteur d'espacement \bar{L} selon la norme ASTM C457 et/ou (voir ci-après) un essai de résistance au gel-dégel (essai de performance) sur la formule nominale :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 41/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- dans l'eau, selon la norme P 18-424, dans les cas de gel sévère avec un degré de saturation en eau fort, au sens de la norme NF EN 206-1,
- dans l'air, selon la norme P 18-425, dans les cas de gel sévère avec un degré de saturation en eau modéré, au sens de la norme NF EN 206-1,

L'épreuve d'étude est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1 :

- facteur d'espacement $\bar{L} \leq 250 \mu\text{m}$. Si cette condition n'est pas remplie, l'essai de résistance au gel-dégel est réalisé,
- pour l'essai de résistance au gel-dégel, $\Delta l/l \leq 400 \mu\text{m/m}$ et $(F_n^2/F_o^2) \times 100 \geq 75$.

Bétons à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50 \text{ MPa}$) formulés sans adjuvant entraîneur d'air :

- un essai de résistance au gel-dégel (essai de performance) sur la formule nominale :
 - dans l'eau, selon la norme P 18-424, dans les cas de gel sévère avec un degré de saturation en eau fort, au sens de la norme NF EN 206-1,
 - dans l'air, selon la norme P 18-425, dans les cas de gel sévère avec un degré de saturation en eau modéré, au sens de la norme NF EN 206-1.

L'épreuve d'étude est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1, $\Delta l/l \leq 400 \mu\text{m/m}$ et $(F_n^2/F_o^2) \times 100 \geq 75$.

2.2.2.10.9 Prescriptions complémentaires pour les bétons auto-plaçants (BAP)

L'épreuve d'étude comprend en outre, pour les bétons auto-plaçants (BAP), des essais pour caractériser :

- la mobilité en milieu non confiné (décrit par l'essai d'étalement),
- la mobilité en milieu confiné (décrit par la boîte en L),
- la stabilité (résistance à la ségrégation et au ressuage).

Ces essais sont réalisés conformément aux recommandations du projet national BAP, éditées par l'AFGC.

L'épreuve est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1, les résultats satisfont les prescriptions fonctionnelles.

2.2.2.10.10 Prescriptions complémentaires pour les « BHP » à fluage limité (plots)

L'épreuve d'étude comprend en outre, un essai de fluage selon la méthode du LCPC.

REDACTION RESERVEE (Critère d'acceptation)

2.2.2.10.11 Prescriptions complémentaires pour les bétons lourds

L'épreuve d'étude comprend en outre une vérification de l'absence de ségrégation selon une procédure établie à cet effet.

L'épreuve est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.2.10-1, tous les résultats d'essais de détermination de la masse volumique prévus au paragraphe 2.2.2.10-1 respectent la prescription fonctionnelle, et si ce béton ne présente pas de ségrégation.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 42/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.2.11 Epreuve d'information

Cette épreuve peut être réalisée en laboratoire en même temps que l'épreuve d'étude ou à la centrale à béton prévue pour le chantier en même temps que l'épreuve de convenance.

La confection et la conservation des éprouvettes pour cette épreuve est conforme à la norme NF P 18-405.

Pour réaliser cette épreuve, l'un des deux procédés suivants est mis en pratique :

- mesure des résistances à la compression à 3 j sur trois éprouvettes,
- mesure des résistances à la compression à 24 h sur béton thermomaturé selon une procédure établie à cet effet.

Avant le début des travaux, afin de déterminer une valeur minimale de la résistance du béton jeune au-dessous de laquelle il y a un fort risque de ne pas atteindre la résistance à la compression requise à 28 j, les gâchées suivantes sont exécutées :

- 3 gâchées selon la formule nominale (gâchées de l'épreuve d'étude ou de convenance),
- 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité de ciment de – 10 % pour l'une et de – 20 % pour l'autre,
- 2 gâchées dérivées de la formule nominale par la modification de la quantité d'eau de gâchage de + 10 % pour l'une et de + 20 % pour l'autre,
- 1 gâchée dérivée de la formule nominale par la modification de la quantité de ciment de – 10 % et de la quantité d'eau de gâchage de + 10 %,
- 1 gâchée dérivée de la formule nominale par la modification de la quantité de ciment de –20% et de la quantité d'eau de gâchage de + 20 %.

Chaque gâchée fait l'objet :

- d'un essai de détermination de la teneur en air du béton frais selon la norme NF EN 12350-7,
- d'une mesure de résistance à la compression à 3 j sur trois éprouvettes ou d'une mesure de résistance à la compression à 24 h sur béton thermomaturé sur trois éprouvettes,
- d'une mesure de résistance à la compression à 28 j sur trois éprouvettes.

Les essais de détermination de la résistance à la compression sont effectués sur cylindres, ils sont conformes à la norme NF EN 12390-3.

La valeur de la résistance à la compression retenue pour la comparaison est la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur chaque série de gâchées de même composition.

Une procédure permettant d'interpréter les résultats de résistance à la compression aux jeunes âges et les conséquences d'un dérèglement non maîtrisé de la centrale de production des bétons est établie.

2.2.3 FABRICATION

Les bétons sont fabriqués essentiellement sur le chantier.

Dans le cas contraire, ils proviennent d'une installation de fabrication de béton prêt à l'emploi, admise à la marque "NF - Béton prêt à l'emploi" (NF-BPE).

Le temps de malaxage et le mode d'introduction des adjuvants sont définis au cours des essais de convenance.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 43/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.3.1 Bétons fabriqués sur le chantier

Le matériel et les conditions de fabrication font l'objet d'une justification.

La qualité du matériel et la pratique de son utilisation permettent de satisfaire les tolérances de dosage des constituants prescrites dans la norme NF EN 206-1, en % de la quantité requise (l'eau de gâchage, les adjuvants et les ajouts sous forme liquide peuvent être dosés en masse ou en volume, les autres constituants doivent être dosés en masse) :

- ciment : $\pm 3 \%$,
- eau : $\pm 3 \%$,
- ensemble des granulats : $\pm 3 \%$,
- additions utilisées en quantité $> 5\%$ de la masse de ciment : $\pm 3 \%$,
- adjuvants et additions utilisées en quantités $\leq 5\%$ de la masse de ciment : $\pm 5 \%$.

En complément des prescriptions de cette norme, les exigences suivantes sont respectées :

- tolérance de dosage de chaque classe de granulat : $\pm 3 \%$ de la quantité requise,
- pour les bétons à hautes performances (BHP) et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50$ MPa) et les bétons auto-plaçants (BAP) :
 - les tolérances s'entendent pour 100 % des mesures de dosage,
 - la tolérance de dosage du ciment et des additions utilisées en quantité $> 5\%$ de la quantité de ciment sont ramenées à $\pm 2 \%$ de la quantité requise.

Les bascules ont des portées appropriées à la capacité nominale C (exprimée en m^3) du malaxeur. Les portées (en tonnes) sont inférieures à :

- 3 C pour les granulats pesés cumulativement,
- 1,5 C pour les granulats pesés séparément,
- 0,6 C pour le ciment,
- 0,3 C pour l'eau,

Les organes de réglage des bascules doivent pouvoir être scellés ou verrouillés.

Une alarme signalant la non remise à zéro des bascules est prévue.

Les appareils de dosage des adjuvants sont tels que chaque solution d'adjuvant est dosée individuellement.

La centrale à béton est munie d'appareils de mesure de la teneur en eau des sables (sondes) installés dans le stockage ; la mesure est effectuée immédiatement avant pesage. La centrale à béton est équipée d'un indicateur permettant la lecture directe de la mesure effectuée. La teneur en eau des gravillons est mesurée au minimum une fois par jour de bétonnage. Un équipement de la centrale permet la correction automatique des quantités d'eau des granulats à introduire.

Un wattmètre enregistreur permet de suivre l'évolution de l'énergie dépensée au malaxage et de connaître le moment où celui-ci est réalisé de façon satisfaisante. La durée du malaxage n'est pas inférieure au temps nécessaire pour obtenir la stabilisation de la puissance absorbée par les moteurs du malaxeur.

Le fonctionnement de la centrale est commandé par un programmeur permettant le fonctionnement en automatique.

La centrale est également équipée de moyens permettant l'impression automatique, pour chaque gâchée, du code béton, des quantités mesurées de tous les constituants, de la durée et de la puissance du malaxage immédiatement avant la vidange.

Lorsque la distance de transport du béton est supérieure à 300 m, une liaison radio est établie entre le chantier de bétonnage et la centrale à béton.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 44/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Au moins une fois par mois il est assuré par des contrôles effectués à la sortie des bascules que les compositions effectivement utilisées sont bien conformes aux compositions prescrites dans les limites des tolérances indiquées ci-dessus. S'il n'en est pas ainsi, les corrections nécessaires sont aussitôt apportées et il est procédé à une vérification du matériel.

Les matériels de pesée doivent être contrôlés au moins une fois par an par le Service des Instruments et Mesures (SIM).

2.2.3.2 Bétons fabriqués en usine prêts à l'emploi

Les bétons prêts à l'emploi ne peuvent être utilisés qu'après justification de leurs caractéristiques aux prescriptions.

Ces bétons sont des bétons à propriétés spécifiées conformes à la norme NF EN 206-1 complétées par les exigences complémentaires des paragraphes 2.2.2.2 à 2.2.2.9.

L'installation de fabrication de béton prêt à l'emploi fait l'objet d'une certification de conformité par l'admission à la marque "NF – Béton prêt à l'emploi" (NF-BPE).

Pour chaque livraison, le fabricant établit un bordereau de livraison qui indique l'usine productrice, le chantier destinataire, la nature et le dosage des constituants, la résistance, les valeurs des autres caractéristiques requises, le poids des matériaux et matières utilisés dans chaque gâchée, l'heure exacte de remplissage du béton dans la cuve agitatrice (bétonnière portée) et l'heure limite d'utilisation.

Tous les constituants du béton, y compris l'eau, sont dosés et entièrement mélangés à la centrale avant le départ des cuves agitatrices.

La fabrication en usine ne dispense pas des épreuves prévues aux paragraphes 2.2.2.10, 2.2.2.11, 2.2.3.3 et 2.2.5.12.

2.2.3.3 Epreuve de convenance

2.2.3.3.1 Prescriptions générales

L'épreuve d'information décrite au paragraphe 2.2.2.11 peut être réalisée au cours de l'épreuve de convenance. Il est de même pour l'essai de pompage des bétons "classiques" décrite au paragraphe 2.2.2.10-7.

Aucun béton d'une formule donnée n'est mis en œuvre sans avoir subi au préalable une épreuve de convenance.

Sont définis au cours de cette épreuve :

- le mode d'introduction des adjuvants,
- le temps de malaxage du béton,
- la durée pratique d'utilisation.

La confection et la conservation des éprouvettes pour cette épreuve est conforme à la norme NF P 18-404.

L'épreuve de convenance fait l'objet d'un dossier de justification de conformité.

Trois gâchées de béton correspondant à la formule nominale donnent lieu à des prélèvements et essais identiques à ceux définis pour l'épreuve d'étude. Les résultats de ces essais sont jugés satisfaisants si les deux inégalités suivantes sont remplies :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 45/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

$$f_{cE} \geq f_{c28} + C_E - (C_{moy} - 3Sc)$$

$$f_{cE} \geq 1,1 f_{c28}$$

Dans ces inégalités (les valeurs étant exprimées en MPa) :

- f_{cE} est la moyenne arithmétique des résultats retenus de résistance à la compression à 28 j effectués sur les trois gâchées,
- f_{c28} est la valeur caractéristique requise de la résistance à la compression à 28 j,
- C_E est la résistance à la compression à 28 j du ciment utilisé pour l'épreuve de convenance,
- C_{moy} est la valeur moyenne de la résistance à la compression à 28 j du ciment, observée par le fournisseur au cours des six mois précédant l'épreuve de convenance,
- Sc est l'écart type des valeurs utilisées pour déterminer C_{moy} .

L'épreuve de convenance comprend également, le cas échéant, les essais complémentaires suivants, dont les essais et critères sont identiques à ceux de l'épreuve d'étude :

- bétons précontraints (enceinte du BR) : cf. paragraphe 2.2.2.10-4,
- bétons devant assurer une étanchéité à l'air (enceinte du BR) : cf. paragraphe 2.2.2.10-6,
- bétons soumis au gel sévère : cf. paragraphe 2.2.2.10-8,
- bétons auto-plaçants (BAP) : cf. paragraphe 2.2.2.10-9,
- bétons lourds : cf. paragraphe 2.2.2.10-11.

L'épreuve de convenance comprend en outre une mesure de rendement afin de s'assurer que la formule du béton étudié, mis en œuvre avec les moyens du chantier, conduit bien à fabriquer un mètre cube de béton à 2% près. Le malaxeur sera chargé à sa capacité nominale. Cet essai est effectué dans des caisses cylindriques ou cubiques dont la plus petite dimension est au moins égale à dix fois la grosseur du plus gros granulat. Le béton de ces caisses est vibré de la même manière que dans l'ouvrage.

2.2.3.3.2 *Prescription complémentaire pour les bétons en grande masse (radier de fondation, radier de l'UN et enceinte du BR, parois des piscines notamment)*

L'épreuve de convenance comprend en outre le bétonnage d'une maquette ou d'une portion d'ouvrage représentative des dimensions de la structure (épaisseur en particulier).

L'épreuve de convenance est considérée comme probante si, en plus des spécifications du paragraphe 2.2.3.3-1, les conditions suivantes sont remplies :

- $\Delta T_{max} \leq 40^{\circ}C$
- $T_{c \max} \leq 65^{\circ}C$

Dans ces inégalités :

- ΔT_{max} représente l'élévation maximale de température liée à l'hydratation du liant par rapport à la température du béton frais,
- $T_{c \max}$ représente la température maximale au cœur du béton.

En fonction des résultats de cette épreuve, des dispositions sont prises pour limiter le gradient thermique entre le cœur et la peau du béton coffré et éviter les chocs thermiques lors du décoffrage.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 46/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.3.3.3 Prescriptions complémentaires pour les « bétons à hautes performances (BHP) » et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50$ MPa), bétons auto-plaçants (BAP) et bétons lourds

Des essais spécifiques sont réalisés afin de mettre au point la procédure fixant les précautions à prendre lors de la fabrication, du transport et de la mise en œuvre (vibration, temps de recouvrement, traitement des reprises de bétonnage...) et de la cure de ces bétons.

A cet effet, le bétonnage d'une maquette ou d'une portion d'ouvrage représentative des dimensions de la structure (épaisseur en particulier) peut être prescrit.

2.2.4 TRANSPORT DES BETONS

La durée séparant la fabrication du béton de sa mise en place est compatible avec la durée pratique d'utilisation mesurée au cours des essais de convenance.

Il n'est employé aucun procédé de transport susceptible de donner lieu à une ségrégation des éléments, à un commencement de prise avant la mise en œuvre ou à une altération des qualités du béton par les conditions atmosphériques (notamment par évaporation excessive).

Lorsque le transport des bétons est effectué dans des cuves agitatrices (bétonnières portées) sur une distance supérieure à un kilomètre, celles-ci sont équipées d'un tambour à deux vitesses, l'une pour l'agitation, l'autre pour le brassage.

Mis à part le cas des fluidifiants (à confirmer lors de l'étude de convenance), aucun ajout d'adjuvant ou d'eau n'intervient tant pendant le transport que sur le chantier.

La mise en place du béton peut se faire par bandes transporteuses dans le cas de bétonnage en grande quantité.

Avant le bétonnage sont définis :

- le matériel utilisé et le schéma de l'installation,
- les cadences de bétonnage,
- les zones de circulation prévues pour le personnel,
- les précautions prises pour éviter les bourrages sur les tapis,
- les pentes maximum des tapis,
- les adaptations prévues dans le ferrailage si nécessaire,
- les mesures prévues pour éviter la ségrégation en début et fin de séquence de bétonnage.

2.2.5 MISE EN ŒUVRE DES BETONS

2.2.5.1 Mesure des températures et de la vitesse du vent

Sont installés sur le chantier :

- des thermomètres enregistreurs sous abris,
- des anémomètres enregistreurs.

2.2.5.2 Programme de bétonnage

Quinze jours au moins avant le début d'exécution de chaque ouvrage, les dispositions proposées pour la mise en œuvre du béton sont définies et justifiées. Ces dispositions, assorties des dessins nécessaires, constituent le programme de bétonnage, et définissent :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 47/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- les phases de bétonnage,
- la position et la configuration des reprises particulières,
- la quantité de béton mise en place par unité de temps et par formule,
- les limites de temps de recouvrement entre couches successives,
- la nature des coffrages d'arrêt,
- le matériel nécessaire pour la mise en œuvre,
- les moyens d'approvisionnement y compris les moyens mis en réserve,
- l'effectif en personnel en précisant sa qualification professionnelle,
- les secours électriques éventuels,
- les dispositions prévues en cas d'arrêt d'approvisionnement du béton.

2.2.5.3 Prescriptions générales de mise en œuvre

Tout ajout d'eau dans le béton est interdit après la sortie du malaxeur.

Dans le cas de mise en œuvre à la pompe, le béton est brassé dans l'engin de transport (bétonnière portée) avant déversement dans la trémie de la pompe. Les canalisations exposées au soleil sont convenablement protégées. Avant le bétonnage, si un mortier est utilisé pour favoriser le glissement du béton dans les conduites, celui-ci est intégralement évacué avant le début du bétonnage.

Au moment de sa mise en œuvre le béton est exempt de ségrégation et la mise en œuvre intervient avant tout début de prise ou de dessiccation.

La température du béton frais mis en œuvre est comprise entre 5 et 30°C.

La mise en place du béton et sa vibration ne doivent pas provoquer de déplacement des armatures ou des conduits de précontrainte.

Les armatures qui sortent d'une levée sont maintenues solidement de telle sorte que leur enrobage minimum soit toujours garanti dans la levée suivante.

Le béton est en contact parfait avec les parois ou les coffrages et enrobe les armatures sur toute leur surface.

Le béton ne doit pas tomber librement d'une hauteur supérieure à 1,50 m. La chute est guidée par des goulottes souples et des cheminées de bétonnage sont éventuellement prévues dans le ferrailage.

2.2.5.4 Bétonnage par temps froid

Lorsque la température descend au-dessous de 0°C (de + 5°C s'il est fait emploi de ciment de laitier, si le béton est destiné à être précontraint ou s'il s'agit d'un Béton à Hautes Performances) tout bétonnage est interdit sauf mise en œuvre de dispositions spéciales prévues dans une procédure établie à cet effet.

Le bétonnage ne peut reprendre normalement, après la période de froid, qu'une fois les parties éventuellement altérées démolies et la surface des reprises de bétonnage réceptionnée.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 48/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.5.5 Bétonnage par temps chaud

Dans les périodes où la température est élevée, surtout si elle s'accompagne d'un air sec, toutes les dispositions sont prises pour éviter des conséquences fâcheuses sur le béton frais (forte accélération de la prise, évaporation rapide de l'eau, diminution rapide de la plasticité, fissuration après mise en œuvre) ou sur le béton durci (élévation de la température du béton entraînant une diminution de la résistance finale et une fissuration). La température du béton frais mis en œuvre ne dépasse pas 30°C.

Des procédures, énumérant les précautions qui permettent d'éliminer la nocivité de ces conditions atmosphériques particulières, sont établies.

2.2.5.6 Vibration

Une procédure de vibration, fonction du béton mis en œuvre, est établie (des essais de convenance spécifiques sont prévus au paragraphe 2.2.3.3-3 pour les bétons à hautes performances (BHP) et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50$ MPa), bétons auto-plaçants (BAP) et bétons lourds.

Le serrage du béton est effectué par vibration interne (pervibrateur) sauf pour des cas particuliers où elle est complétée ou remplacée par une vibration externe (vibration du coffrage, vibration superficielle, table vibrante). Dans ces cas, l'efficacité de celle-ci est démontrée par des essais sur maquette.

La pervibration est mise en œuvre en prenant soin d'éviter tout excès de vibration entraînant une ségrégation, notamment dans le cas des bétons fluidifiés.

Les pervibrateurs ont des dimensions telles qu'ils pénètrent facilement entre les armatures et, au besoin, entre armatures et coffrage aux endroits prévus de façon que, compte tenu de leur rayon d'action, ils puissent agir sur la totalité du béton. Ils ne sont jamais utilisés pour pousser ou étaler le béton.

Dans le cas de bétonnage en talus, il est démontré par des essais sur maquette que la pervibration peut être correctement effectuée.

Toutes précautions sont prises pour que les pervibrateurs n'entrent pas en contact avec les conduits des câbles de précontrainte et les armatures.

La superposition d'une couche de béton frais à une couche déjà mise en place n'est pas considérée comme une reprise si cette dernière couche peut être vibrée à nouveau (il en est ainsi lorsqu'un pervibrateur pénètre sans difficulté dans cette couche et que cette empreinte se referme lors de la remontée de l'appareil). Il convient alors en vibrant la nouvelle couche de faire pénétrer les pervibrateurs dans la couche inférieure. Si la couche déjà mise en place n'est pas susceptible d'être vibrée à nouveau, la superposition d'une couche de béton frais à la première est traitée conformément aux prescriptions définies au paragraphe 2.2.5.8.

L'épaisseur des couches serrées par vibration superficielle au moyen de dames ou taloches vibrantes est limitée à 20 cm, à moins que les essais montrent la possibilité d'adopter des épaisseurs supérieures. La vibration est poursuivie en chaque emplacement d'appareil jusqu'au reflux du mortier sur les bords et par les jours éventuels de son plateau. Les emplacements successifs d'un appareil se chevauchent.

2.2.5.7 Durcissement accéléré par chauffage

L'accélération du durcissement peut avoir lieu :

- par préchauffage des composants du béton ou du béton lui-même dans le malaxeur ou les bennes,
- par traitement thermique du béton en place.

Le procédé, le matériel et les moyens de contrôle font l'objet d'une procédure établie sur la base d'une étude de non-nocivité destinée à vérifier que le traitement thermique proposé ne cause pas d'altération préjudiciable au comportement du béton à moyen et à long terme.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 49/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Des sondes sont disposées dans le béton pour mesurer la température effectivement atteinte et des essais de contrôle sont effectués sur des éprouvettes suivant la même évolution de température que le béton.

Des dispositions sont prises pour éviter l'évaporation de l'eau du béton exposé à l'air.

Dans le cycle du traitement thermique du béton en place, le temps de la préprise (1ère phase sans chauffage) est au moins de quatre heures et la vitesse de montée en température dans la phase suivante est limitée à 10°C par heure.

2.2.5.8 Reprises de bétonnage

Au moment de la prise, la surface du béton est complètement purgée de la laitance à l'aide d'un jet d'air et d'eau sous pression de façon à aviver cette surface et à la débarrasser de toutes les parties friables ou grasses tout en veillant à ne pas déchausser les granulats. Dans le cas où le résultat n'est pas atteint, il est procédé avant tout bétonnage à un avivage de la surface, soit à l'aide d'un jet d'eau à haute pression (supérieure à 10 MPa), soit par un léger repiquage suivi à nouveau d'un nettoyage et d'un lavage.

L'emploi de techniques de traitements de reprises autres que celles décrites précédemment doit être justifié.

Des orifices et un réseau d'évacuation permettant de recueillir l'eau et les matériaux issus du nettoyage, sans souiller les bétons situés à proximité, sont aménagés dans ces coffrages.

A chaque reprise sur béton durci, la surface à bétonner est parfaitement nettoyée, puis humidifiée jusqu'à saturation du béton ancien. Avant bétonnage, l'eau en excès est éliminée à l'air comprimé exempt d'huile.

A la fin du bétonnage ou au moment du traitement de la reprise, les armatures en attente sont débarrassées des coulées de laitance et de mortier qui pourraient les enrober.

Les reprises verticales sont limitées autant que faire se peut. Lorsqu'elles sont inévitables, une procédure précise leur mode de coffrage. Le bétonnage du plot adjacent n'est entrepris que lorsque le béton a effectué un retrait suffisant.

2.2.5.9 Prescription complémentaire pour les bétons auto-plaçants (BAP)

La longueur maximale de cheminement horizontal des bétons auto-plaçants (BAP) dans les coffrages est limitée à 10 m.

2.2.5.10 Prescription complémentaire pour les bétons lourds

Compte tenu du risque important de ségrégation de ces bétons, les précautions suivantes sont prises :

- hauteur de chute minimum,
- vibration effectuée sans excès,
- mise en place par couches de 25 cm maximum.

Ces dispositions sont consignées dans la procédure de mise en œuvre de ces bétons.

2.2.5.11 Cure du béton

2.2.5.11.1 Prescriptions générales

La cure des bétons est obligatoire.

Une procédure détermine la durée de cure afin de satisfaire les prescriptions de la norme XP ENV 13670-1. Cette procédure prend notamment en compte la température, le vent et l'hygrométrie relative du site, la composition des bétons (présence de laitier, de cendres volantes ou de fumées de silice en particulier), le rapport surface / volume des éléments (dalles, terrasses, coques...) et la destination des surfaces (surfaces destinées à être revêtues notamment).

En aucun cas la durée de cure n'est inférieure à trois jours. La cure est arrêtée simultanément sur l'ensemble de la zone concernée. La durée de la cure, en jours, ne sera pas inférieure à la plus longue des deux durées préconisées par la norme XP ENV 13670-1 d'une part, et par le tableau ci-dessous d'autre part :

températures ambiantes en °C	40	7	6	5	4
	35	6	5	4	3
	30	5	4	3	3
	25	4	3	3	3
	20	4	3	3	3
	15	4	3	3	3
	10	4	3	3	3
	5	4	3	3	3
Températures inférieures à + 5°C : A défaut de protection isotherme, la cure est maintenue tant que la température reste inférieure à + 5°C (ensuite se reporter aux cases correspondantes du tableau).					
hygrométrie relative en %					
0 25 50 75 100					

Conventionnellement, la température à prendre en compte est la moyenne sur deux jours de la température à midi sous abri, et le degré hygrométrique, la plus faible de ceux correspondant à ces deux moments. Pour les cas situés aux limites, c'est la durée de cure la plus longue qui est retenue.

2.2.5.11.2 Procédés

La cure est réalisée au moyen d'un des procédés suivants :

- humidification permanente des surfaces,
- protection temporaire imperméable des surfaces (feuilles étanches, produits de cure, coffrages,...).

La nature du procédé de cure et ses conditions d'application sont définies dans une procédure établie sur la base d'une étude destinée à vérifier que les procédés employés sont compatibles avec la destination de la surface.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 51/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.5.11.3 Mise en œuvre

Pour les surfaces non coffrées, la cure est appliquée dès que l'état de la surface en permet la mise en œuvre, à savoir :

- dans le procédé par humidification : lorsque, le béton ayant fait prise, sa surface ne risque pas d'être altérée par les eaux de ruissellement,
- dans le procédé par protection à l'aide d'un produit de cure : dès le début de la prise (surface virant au mat).

Pour les surfaces décoffrées avant la fin de la durée normale de cure, la cure est complétée dès le décoffrage.

L'humidification et le film imperméable réalisé à l'aide d'un produit de cure sont réguliers et intéressent toute la surface. Le maintien de l'humidification est continu ; le ruissellement par intermittence est notamment interdit.

2.2.5.11.4 Prescriptions particulières pour les « bétons à hautes performances (BHP) » et/ou à haute résistance ($f_{c28-cyl} > 50 \text{ MPa}$)

La cure de ces bétons doit être particulièrement soignée, en raison d'un ressuage très faible à inexistant. La cure des reprises est systématique : elle doit empêcher notamment la dessiccation du béton avant sa prise, et sa microfissuration pendant la prise.

La méthode de cure est justifiée par une expérimentation préalable, prévue au paragraphe 2.2.3.3-3. Le cas échéant, un brouillard d'eau est pulvérisé entre chaque rouleau d'un plot.

Quelle que soit la géométrie de l'ouvrage en béton à hautes performances concerné, toutes les dispositions nécessaires sont prises pour assurer les conditions normales d'hydratation du ciment, et de maturation correcte du béton.

Ces mesures s'appliquent également aux surfaces décoffrées (dès le décoffrage).

2.2.5.12 Epreuve de contrôle

L'épreuve de contrôle constitue le contrôle de conformité du béton aux spécifications.

2.2.5.12.1 Prélèvements

Les prélèvements de béton frais sont effectués au moment de l'utilisation du béton, au point le plus près possible de sa mise en œuvre dans l'ouvrage, par exemple lors du déversement du béton de la bétonnière portée.

Il est effectué au minimum un prélèvement par 100 m^3 de béton.

La confection et la conservation des éprouvettes pour cette épreuve sont conformes à la norme NF P 18-404.

A chaque prélèvement de béton est associé un prélèvement de ciment. Ce dernier est effectué à la centrale à béton, le plus près possible du malaxeur, au moment du malaxage de la gâchée donnant lieu au prélèvement de béton. Destiné à la vérification des caractéristiques du ciment en cas de non-conformité du béton contrôlé, ce prélèvement est détruit dès que le béton contrôlé est réputé conforme.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 52/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.5.12.2 Contrôle de la consistance

Un essai de consistance adapté à l'ouvrabilité du béton (essai d'affaissement selon norme NF EN 12350-2 ou essai d'étalement à la table à choc selon la norme NF EN 12350-5) est effectué à partir du prélèvement.

Le béton est réputé conforme si le résultat de l'essai de consistance se trouve dans la plage de tolérance relative à la valeur cible fixée au cours des études de béton, les tolérances sont données dans la norme NF EN 206-1.

Si le résultat sort de la plage de tolérance, la gâchée correspondante est éliminée et la gâchée suivante fait l'objet d'un prélèvement pour un nouvel essai.

Si le résultat sort encore de la plage de tolérance, le bétonnage est arrêté jusqu'à la détermination des causes de la non-conformité et la modification des réglages.

2.2.5.12.3 Contrôle de la température du béton frais

Une mesure de la température du béton frais mis en œuvre est réalisée à partir du prélèvement. Le béton est réputé conforme si sa température de mise en œuvre est comprise entre 5 et 30°C.

2.2.5.12.4 Contrôle de la résistance à la compression aux jeunes âges

A partir du prélèvement, trois éprouvettes sont réalisées pour tester le béton jeune en mesurant la résistance à la compression selon le procédé mis en pratique lors de l'épreuve d'information :

- soit à 3 j,
- soit à 24 h sur béton thermomaturé.

Si un résultat est inférieur à la valeur minimale prédéterminée lors de l'épreuve d'information, tous les éléments de la centrale à béton susceptibles de se dérégler sont contrôlés, ainsi que les matériaux utilisés.

Si les résultats sur béton jeune ne s'améliorent pas, le bétonnage est arrêté, des contrôles plus poussés sont organisés, ces contrôles peuvent conduire à la démolition et reconstruction des parties présumées défectueuses.

2.2.5.12.5 Contrôle de la résistance à la compression à 28 jours

On réalise à partir du prélèvement un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 j mesurée sur cylindre selon la norme NF EN 12390-3, le résultat retenu est pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur trois éprouvettes.

Pour un ouvrage déterminé, à chaque essai relatif à un béton d'une composition donnée, trois conditions doivent être simultanément remplies :

- $S_b \leq 3,5$
- $f_c \geq f_{c28} + 1,3 S_b$
- $f_{cl} \geq f_{c28} - 3$

Dans ces inégalités (les valeurs étant exprimées en MPa) :

- f_c est la moyenne arithmétique de dix résultats de la résistance à la compression à 28 j se rapportant au béton de l'ouvrage considéré : résultat de l'essai en cause et des neuf essais antérieurs,
- f_{c28} est la valeur requise de la résistance caractéristique,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 53/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- f_{cj} est la valeur de la résistance à la compression à 28 j donnée par l'essai en cause,
- S_b est l'écart type des dix résultats précités.

Au début des travaux, quand le nombre de résultats est inférieur à dix, la deuxième inégalité est appliquée en remplaçant $1,3 S_b$ par S_b , écart type des résultats.

2.2.5.12.6 Prescriptions spéciales pour les bétons soumis au gel sévère

L'épreuve de contrôle comprend en outre, pour les bétons soumis à la classe d'exposition XF3 selon la norme NF EN 206-1, un essai de détermination de la teneur en air du béton frais selon la norme NF EN 12350-7.

Le béton est réputé conforme si la teneur en air respecte la teneur minimale prescrite par la norme NF EN 206-1 (4% minimum).

2.2.5.12.7 Prescription particulière pour les bétons lourds

Pour les bétons lourds, il est effectué au minimum un prélèvement tous les 20 m³ de béton mis en place. L'épreuve de contrôle comprend en outre une détermination de la masse volumique selon la norme NF EN 12390-7.

Le béton est réputé conforme si sa masse volumique respecte la prescription fonctionnelle.

2.2.6 PRODUITS DE SCELLEMENT ET DE CALAGE

Les scellements et calages sont réalisés en mortier ou micro béton selon la géométrie et les dimensions de la réservation. Les produits utilisés font l'objet d'une certification de conformité par l'admission à la marque "NF – Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique autorisés d'emploi".

2.2.7 INJECTIONS DE COMPLEMENT D'ETANCHEITE DU BETON

On distingue deux types d'opérations :

- les injections pour lesquelles un réseau spécifique d'injection est positionné au préalable,
- l'injection des fissures recensées après les phases de bétonnage et pour lesquelles le dispositif d'injection est adapté au cas par cas.

2.2.7.1 Choix des produits

L'Entrepreneur choisit les produits d'injection en fonction des fissures à traiter et les soumet, pour accord, au CEA après avoir réalisé :

- une étude d'injectabilité afin de régler la durée pratique d'utilisation et fixer la viscosité nécessaire en fonction de la géométrie à injecter,
- pour le bâtiment réacteur, des essais fonctionnels permettant de vérifier l'aptitude du produit à assurer sa fonction en fonctionnement normal et accidentel pendant toute la durée de vie de la tranche,

et s'être assuré de la non-agressivité des produits vis-à-vis des armatures.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 54/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.2.7.1.1 Les liants hydrauliques

Ils sont choisis pour leur homogénéité avec le milieu béton environnant.

2.2.7.1.2 Les résines

Elles sont choisies surtout par rapport à leur critère de pénétrabilité des fissures de très faible ouverture et leur efficacité après polymérisation (voir % d'extrait sec).

2.2.7.2 Réception des produits

L'Entrepreneur :

- contrôle l'identité des références des produits livrés avec les références mentionnés sur la fiche technique, à chaque livraison,
- par lot de fabrication, tient à la disposition du CEA les contrôles d'identification rapide.

2.2.7.3 Mise en place du matériel et essais préalables

2.2.7.3.1 Choix du matériel

Il se compose d'une unité de dosage et de fabrication ainsi que d'une unité d'injection.

L'installation et la conception du matériel permettent de contrôler la qualité du produit le plus près possible de l'injection.

2.2.7.3.2 Pour les fissures recensées après les phases de bétonnage

Calfeutrement dans la masse

L'Entrepreneur soumet au CEA, pour avis, la procédure d'injection ainsi que le plan de principe du réseau d'injection décrivant le type, le nombre et la position des injecteurs.

Nota : Le manomètre de suivi de la pression d'injection est positionné le plus près possible des injecteurs.

Calfeutrement surfacique :

Les fissures sont calfeutrées par la mise en place de bandes adhésives ou de résine pouvant être aussi utilisées pour la fixation des injecteurs plats.

Essais :

En préalable au traitement d'injection, des essais à l'air pour les produits à base de résine ou à l'eau pour les produits à base de liant hydraulique sont effectués pour apprécier les communications éventuelles au sein du réseau de fissure.

2.2.7.3.3 Pour le traitement des reprises de bétonnage et du béton pleine masse

Le dispositif d'injection est positionné à l'avancement des travaux, dans le voile, pour injecter le béton à cœur.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 55/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les injections sont pratiquées à partir de ce dispositif en place après avoir préalablement repéré les zones à traiter par injection d'air.

2.2.7.4 Préparation des produits à injecter

Les produits sont préparés selon les indications de la fiche technique du fabricant.

2.2.7.4.1 Coulis de ciment

Avant injection, le coulis est filtré avec un tamis à 80 μ afin de retirer les éléments susceptibles de nuire au bon déroulement de l'injection.

2.2.7.4.2 Contrôles

L'entrepreneur, en se référant à la norme NF P 18-802 soumet au CEA , pour avis, la procédure de contrôle des produits.

Nota : La température ainsi que la fluidité sont à mesurer à chaque fabrication de gâchée, avant injection.

2.2.7.5 Suivi de l'injection

L'Entrepreneur soumet au CEA, pour avis, la procédure de suivi des paramètres d'injection (pression en tête d'injection, température du produit en fin d'injection, suivi des quantités injectés, durée totale de l'injection, température ambiante, etc.)

2.2.7.6 Contrôle de l'injection

A la demande au CEA , l'Entrepreneur effectue des carottages au droit de la fissure injectée pour contrôle visuel et essais de tenue structurelle.

2.2.7.7 Nettoyage

L'Entrepreneur effectue le retrait des injecteurs et des calfeutremments et procède au nettoyage des surfaces.

2.2.7.8 Documentation

L'Entrepreneur remet au CEA le rapport de fin d'intervention dans le mois qui suit l'achèvement des travaux. Celui-ci comporte :

- le planning de l'état de l'avancement des travaux,
- le rapport d'injection pour chaque zone, indiquant en particulier :
 - le repérage de la zone,
 - les dates et heures du début et de fin de l'opération,
 - les résultats des essais préalables à l'injection, le cas échéant,
 - les pressions d'injection et les quantités injectées,
 - les conditions climatiques,

les remarques et incidents en cours d'injection, tels que fuites, résurgences de coulis.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 56/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.3 PAREMENTS ET COFFRAGES

2.3.1 PAREMENTS

Les parements des ouvrages en béton soumis au présent recueil sont définis en fonction de la texture et des défauts de planéité et de forme qu'ils peuvent présenter. Ils sont classés en trois catégories :

- les parements grossiers,
- les parements ordinaires,
- les parements fins.

Les plans d'exécution fixent les catégories de parements des diverses parties de l'ouvrage. En l'absence d'indication, les parements sont des parements ordinaires.

Dans le cas où les parements comportent des faux joints, les reprises de bétonnage se font obligatoirement au droit de ceux-ci.

Les critères d'acceptation des défauts de planéité des parements ne dispensent pas du respect des épaisseurs d'enrobage. Les tolérances en moins sur l'enrobage minimal des armatures sont nulles.

2.3.1.1 Parements grossiers

Ces parements peuvent comporter des irrégularités importantes qui doivent rester compatibles avec les épaisseurs de béton prévues sur les plans. Ils constituent généralement des surfaces non vues.

2.3.1.2 Parements ordinaires

Les parements ordinaires sont exempts de nids de cailloux et ont une coloration uniforme. Les critères d'acceptation des parements ordinaires sont les suivants :

- planéité : respect du critère P(1) du fascicule de documentation P 18-503, soit :
 - flèche maximale sous règle de 2,00 m : 15 mm,
 - creux maximal sous réglet de 0,20 m : 6 mm,
- rectitude des arêtes et cueillies : flèche maximale sous règle de 2,00 m : 15 mm,
- désaffleurement des panneaux de coffrage au plus égal à 3 mm,
- hauteur des balevres inférieure à 3 mm,
- texture : respect du critère E(1-2-0) du fascicule de documentation P 18-503, soit :
 - bullage moyen caractérisé au maximum par l'échelle n°7 (identique au cliché n°7 du rapport n°24 du CIB),
 - surface maximale par bulle : 3 cm²,
 - profondeur maximale des bulles : 5 mm,
 - surface du bullage (bullage moyen) : 10% de la surface totale,
 - surface maximale des zones de bullage concentré (nuages de bulles) : 10% de la surface du panneau élémentaire considéré,
- fissuration non évolutive,
- aucune fissure dans les zones d'ancrage de précontrainte.

2.3.1.3 Parements fins

Les parements fins sont exempts de nids de cailloux et ont une coloration uniforme. Ils ne présentent ni balèvre, ni arrachement de la peau du béton, ni épaufrure, ni coulure de laitance, ni stratification, ni marbrure, ni tâche de rouille, ni reprise marquée de bétonnage. Les critères d'acceptation des parements fins sont les suivants :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 57/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- planéité : respect du critère P(2) du fascicule de documentation P 18-503, soit :
 - flèche maximale sous règle de 2,00 m : 8 mm,
 - creux maximal sous réglet de 0,20 m : 3 mm,
- rectitude des arêtes et cueillies : flèche maximale sous règle de 2,00 m : 8 mm,
- désaffleurement des panneaux de coffrage au plus égal à 1 mm, avec un linéaire inférieur à 1 m par m² de parement,
- texture : respect du critère E(2-3-0) du fascicule de documentation P 18-503, soit :
 - bullage moyen caractérisé au maximum par l'échelle n°5 (identique au cliché n°5 du rapport n°24 du CIB),
 - surface maximale par bulle : 1,5 cm²,
 - profondeur maximale des bulles : 3 mm,
 - surface maximale du bullage : 3% de la surface totale,
 - surface maximale des zones de bullage concentré (nuages de bulles) : 5% de la surface du panneau élémentaire considéré,
- fissuration non évolutive,
- aucune fissure dans les zones d'ancrage de précontrainte.

2.3.1.4 Réparation de défauts éventuels

Les défauts éventuels de planéité, de rectitude, de balèvres et désaffleurs de coffrages, de bullage et de fissuration ne respectant pas les spécifications du parement considéré sont réparés suivant une procédure établie à cet effet.

Les épaufrures, nids de cailloux et cavités d'ancrage des coffrages sont réparés avec un produit de réparation de surface admis à la marque "NF – Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique", suivant une procédure qui précise notamment le mode de préparation de surface, les moyens de mise en œuvre et les contrôles associés.

Le rebouchage des trous de coffrages de bétons lourds est réalisé avec un produit de densité au moins équivalente.

2.3.1.5 Revêtement des parements à l'intérieur du bâtiment réacteur

REDACTION RESERVEE (Définition et critères d'acceptation des
éventuels essais fonctionnels en fonctionnement normal et accidentel)

2.3.2 COFFRAGES

2.3.2.1 Prescriptions générales

Les méthodes de calcul et d'essais pour la détermination des banches pour ouvrage en béton ainsi que leurs caractéristiques dimensionnelles pour leur exploitation sont conformes à la norme NF P 93-350.

Les coffrages et les étalements respectent les spécifications de la norme XP ENV 13670-1 complétées par les exigences complémentaires définies dans les paragraphes 2.3.2.2 à 2.3.2.8.

Les coffrages, les échafaudages et les étalements qui les soutiennent doivent résister aux charges, surcharges et actions diverses qu'ils peuvent être amenés à supporter pendant l'exécution des travaux jusqu'au décalage et au décoffrage inclus. Ils ne doivent pas causer de dommage aux ouvrages déjà exécutés ou en cours d'exécution.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 58/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les coffrages contribuent à obtenir des parements répondant aux exigences définies aux paragraphes 2.3.1.2 et 2.3.1.3. Les coffrages sont étanches pour éviter toute perte de mortier ou de liant lors de la mise en place du béton. Leur implantation et leur déformation sont telles que les tolérances prescrites sont respectées.

En l'absence d'indication sur les plans d'exécution, les arêtes des poteaux, poutres, nez de mur,... sont chanfreinées (2 x 2 cm) afin d'éviter les épaufrures.

Les coffrages sont constitués de manière à permettre une mise en place et un bon serrage du béton pendant toutes les phases d'exécution. Ils comportent, si cela est nécessaire à cet effet, des éléments de parois amovibles.

Les coffrages permettent un démoulage correct sans dommage pour la structure.

Une peau métallique pourrait être disposée en sous face du dôme afin de servir de coffrage perdu. Sa conception est conforme aux exigences de la partie 1 du RCCG-RJH. Les parties de la peau visibles après bétonnage (partie courante et points singuliers tels que les soudures ou les joints) doivent avoir un état de surface compatible avec les exigences fonctionnelles de l'ouvrage (notamment vis à vis de la décontamination).

2.3.2.2 Fixation des coffrages à l'intérieur du béton

Lorsque les coffrages comportent un dispositif de fixation à l'intérieur du béton, ce dispositif est conçu de telle sorte qu'après décoffrage, aucun de ses éléments ne se trouve à une distance du parement inférieure à l'enrobage minimal prescrit pour les armatures.

Lorsque la structure joue le rôle de protection biologique ou d'étanchéité (ouvrages de rétention), l'emploi de moyens de fixation par trous traversants est interdit.

Lorsqu'ils sont autorisés, les trous traversants sont obturés selon une procédure établie à cet effet. Les trous de cônes sont rebouchés avec un produit de réparation de surface admis à la marque "NF – Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique". Le mode de préparation de surface, les moyens de mise en œuvre et les contrôles associés sont définis dans la procédure.

L'emploi d'attaches comportant des fils torsadés ou des fils parallèles groupés traversant le béton est interdit sauf pour les parements grossiers non en contact avec l'eau.

2.3.2.3 Maintien du coffrage à l'extérieur du béton

Le maintien des coffrages est conforme aux règles de sécurité en vigueur.

Les câbles tendus par des tire-forts entre les panneaux de coffrage et les points d'ancrage provisoires sont interdits.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 59/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.3.2.4 Alignement des platines

Les platines noyées dans le béton sont positionnées conformément aux indications des plans d'exécution et respectent les tolérances données dans le paragraphe 2.14 "Topographie, tolérances et auscultation".

2.3.2.5 Nettoyage

Avant la mise en œuvre du béton, les coffrages sont nettoyés avec soin de façon à être débarrassés des poussières et débris de toute nature. Le nettoyage est fini si nécessaire à l'air comprimé. Des fenêtres à obturation mobile sont réservées en cas de besoin pour faciliter le nettoyage et l'inspection des parties difficilement accessibles, telles que fonds et angles des coffrages.

Si plusieurs emplois sont prévus pour un même coffrage, celui-ci est parfaitement nettoyé, et remis en état. Les trous et autres réservations sont rebouchés de telle façon qu'aucune trace n'apparaisse sur le nouveau parement.

Le stockage est réalisé soigneusement, si possible verticalement, de manière à éviter toute détérioration.

2.3.2.6 Produits de démoulage

Tous les coffrages reçoivent des produits de démoulage. Ces produits sont appliqués de façon à ne pas souiller les aciers et à former une couche homogène ; en outre, ils ne doivent pas teinter le béton.

Les produits de démoulage ne doivent pas être incompatibles avec les produits de revêtement.

2.3.2.7 Décoffrage

Il n'est procédé au décoffrage, à l'enlèvement des étais, au décalage ou au décintrement que lorsque le béton a atteint une résistance suffisante de façon qu'il n'en résulte aucun dommage pour les ouvrages. Ces opérations sont faites sans choc.

2.3.2.8 Coffrages pour scellements

Les trous et vides à aménager pour le scellement de pièces sont réservés par la mise en place de coffrages appropriés à la géométrie de la réservation et agencés de manière à ce que la totalité de leurs éléments puisse être aisément retirée au décoffrage.

Le matériau employé doit permettre de respecter les caractéristiques dimensionnelles de la réservation et de garantir une bonne adhérence entre le scellement et le béton de première phase.

Les trous coffrés sont plus larges en fond de trou qu'au niveau du parement.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 60/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.4 ARMATURES POUR BETON ARME

2.4.1 CHOIX ET PROVENANCE

Les aciers à haute adhérence (HA) en barres, couronnes et en treillis soudés utilisés sont conformes à la norme NF A 35-016 "Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500 – Treillis soudés constitués de ces armatures", ils sont uniquement de catégorie 3 (désignation : FeE500-3), et doivent bénéficier de la marque "NF - Armatures pour béton armé".

Les barres de diamètre supérieur à 40mm sont conformes à la norme expérimentale XP A 35-031 et doivent bénéficier de la marque "NF – Armatures pour béton armé".

Les ronds lisses pour béton armé sont conformes à la norme NF A 35-015 et sont commandés avec contrôle spécifique des produits (certificat de type " 3.1.B " selon NF EN 10204).

Les " treillis de peau " sont conformes à la norme NF A 35-024 et doivent bénéficier de la certification " NF - Armatures pour béton armé ".

2.4.2 CONDITIONNEMENT

Les aciers pour béton armé peuvent être livrés sur le chantier soit en barres droites, soit en couronnes, soit sous forme de panneaux ou de rouleaux, soit sous forme d'éléments préfabriqués (coupés, façonnés, assemblés) dans un atelier d'armatures industrielles.

Le redressage d'éléments d'armatures à haute adhérence (HA) droits ployés accidentellement en cours de fabrication, de transport ou de manutention est interdit. Les éléments livrés avec un tel défaut sont rebutés.

Après élimination des parties ployées, le réemploi des chutes demeurées droites est autorisé dans la mesure où leur longueur le permet.

L'approvisionnement en couronne des armatures de diamètres supérieurs à 6 mm n'est autorisé que si le chantier ou l'atelier dispose d'un outillage de redressage adéquat. Des essais de convenance sont effectués pour montrer l'efficacité du matériel ; les critères d'acceptation sont énoncés au paragraphe 2.4.5.

2.4.3 TRANSPORT, MANUTENTION ET STOCKAGE

Le transport et la manutention sont organisés et effectués de manière que les armatures (aciers et armatures industrielles) ne subissent pas d'altération (déformation permanente accidentelle, blessure, souillure, rupture d'assemblage).

Les armatures sont stockées dans un parc spécial, soit sur le chantier, soit à l'atelier de fabrication d'éléments assemblés s'il est distinct du chantier. Les aires de stockage sont propres et organisées de façon que les armatures ne soient pas en contact avec le sol et ne subissent pas d'altération.

Les aciers pour béton armé sont classés et repérés par type, nuance, catégorie et diamètre.

2.4.4 VERIFICATIONS ET CONTROLES A LA LIVRAISON

Avant l'emploi des armatures à haute adhérence (HA), il est procédé à l'identification et au contrôle des caractéristiques mécaniques.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 61/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

L'identification consiste à vérifier le diamètre, l'origine (usine de production), la dénomination, le marquage prévu sur la fiche d'identification, la nuance, la catégorie ainsi que le numéro de coulée (ou de lot) du produit et le numéro du certificat "NF – Armatures pour béton armé".

Le contrôle des caractéristiques mécaniques comporte un essai de traction pour la détermination de la limite d'élasticité, de la résistance à la traction et de l'allongement total pour cent sous charge maximale (Agt), un essai de non fragilité et un contrôle de la masse linéique. Ces essais sont exécutés suivant les normes en vigueur et les prescriptions complémentaires éventuelles de la marque " NF - Armatures pour béton armé " ; ils sont effectués par sondage toutes les 250 tonnes d'aciers de même désignation commerciale et de même diamètre, livrées par un producteur, ou tous les trois mois si la livraison au bout de ces trois mois est inférieure à 250 tonnes.

L'emploi des aciers en ronds lisses conformes à la norme NF A 35-015 est subordonné à leur identification qui consiste à vérifier que le bordereau de livraison précise leur origine, leur nuance et leurs caractéristiques mécaniques (certificat de réception prévu au paragraphe 2.4.1).

Dans le cas des armatures industrielles fabriquées dans un atelier extérieur au chantier ces vérifications et contrôles sont effectués dans le cadre de la réception des approvisionnements. La réception des armatures industrielles sur le chantier consiste à vérifier la conformité des fardeaux d'armatures au bordereau de livraison et à un contrôle dimensionnel par sondage portant sur au moins un élément par livraison.

2.4.5 DRESSAGE, FACONNAGE ET MISE EN PLACE

2.4.5.1 Prescriptions générales

Les dispositions constructives doivent être compatibles avec la mise en place des armatures.

Les armatures pour le béton peuvent être dressées, coupées, façonnées et assemblées, par ligatures ou par soudures, en cages ou en panneaux, sur le chantier ou dans un atelier extérieur au site.

Dans ce dernier cas, l'atelier doit être titulaire d'une certification " NF – Armatures industrielles pour le béton " délivrée par l'AFCAB attestant de la qualité de fabrication comme armatures industrielles pour le béton conformément au règlement particulier de la Marque.

Dans le cas où les armatures sont dressées et/ou façonnées sur le site, elles doivent répondre aux prescriptions de la norme NF A 35-027 et aux exigences et contrôles du présent document.

Les modes opératoires de soudage et les soudeurs doivent être qualifiés suivant les recommandations du fascicule de documentation FD A 35-029 et les prescriptions du présent document.

2.4.5.2 Dressage

2.4.5.2.1 Prescriptions générales

L'efficacité de l'outillage de redressage des armatures en couronne est vérifiée et contrôlée de la façon suivante :

2.4.5.2.2 Essais de convenance

Les essais de convenance sont effectués pour les diamètres mini et maxi susceptibles d'être utilisés ainsi que pour le diamètre le plus proche du diamètre moyen correspondant à la production courante de l'outillage concerné. Les diamètres intermédiaires sont couverts par ces essais de convenance.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 62/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Pour chacun de ces diamètres, il est effectué un prélèvement de 3 échantillons d'une longueur suffisante portant le marquage complet d'identification de l'armature afin d'effectuer les contrôles suivants :

- un contrôle géométrique après dressage : la hauteur des verrous effectivement constatée sur les armatures redressées est supérieure ou égale à 90% de la hauteur observée sur un échantillon de la même couronne avant dressage. Les mesures sont effectuées avec des moyens de mesure d'une précision de 0,01 mm,
- une pesée pour vérification de la masse linéique. La masse linéique observée appartient à l'intervalle de tolérance fixé par la norme de référence de l'armature,
- un essai de traction (limite élastique, rupture, Agt). Les valeurs observées doivent satisfaire les prescriptions fixées par la norme de référence de l'armature.

2.4.5.2.3 *Contrôle de fabrication*

Les armatures redressées font l'objet d'une vérification de leurs caractéristiques géométriques et de leur masse linéique par machine et par poste de fabrication d'une durée maximale de 9 heures. Ces contrôles sont réalisés en début de poste de travail et sont poursuivis en cours de fabrication à chaque changement de diamètre ou de catégorie d'armature ou après une production de 30 tonnes d'armatures redressées de mêmes diamètre et provenance.

Les critères d'acceptation sont les mêmes que pour l'essai de convenance.

Les résultats de ces contrôles sont consignés dans un registre d'essai.

Dans le cas où l'une des conditions énoncées ci-dessus n'est pas respectée, les armatures confectionnées dans des conditions non satisfaisantes font l'objet d'un traitement spécifique, les conditions de fabrication sont réajustées et un nouvel essai de contrôle est effectué après réglage de l'outillage concerné.

2.4.5.3 *Façonnage*

2.4.5.3.1 *Prescriptions générales*

Le façonnage des armatures dans le coffrage n'est pas admis, à la seule exception de la fermeture des cadres et étriers de diamètre au plus égal à 12 mm.

La coupe des armatures est faite uniquement à l'aide de cisaille ou de disque abrasif.

Le cintrage est fait mécaniquement sans à-coup et à vitesse constante appropriée à la température ambiante et suffisamment modérée, à l'aide de mandrins de manière à assurer un rayon de courbure constant de la partie pliée.

2.4.5.3.2 *Armatures en ronds lisses de nuance Fe E 235*

Les diamètres minimaux (en millimètres) des mandrins de façonnage sont fixés par la norme NF A 35-027.

2.4.5.3.3 *Armatures à haute adhérence*

Les diamètres minimaux (en millimètres) des mandrins de façonnage sont fixés par la norme NF A 35-027.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 63/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Si la température ambiante s'abaisse au-dessous de + 5°C, des précautions sont prises pour le façonnage : soit par réduction de la vitesse de façonnage, soit par une augmentation des diamètres de mandrins si elle est compatible avec les dispositions structurales.

Il est interdit de façonner des armatures à une température ambiante inférieure à - 5°C.

Le redressage, même partiel, d'une armature pliée est interdit sauf pour les armatures bénéficiant de la certification AFCAB "pliage - redressage".

Toute armature dont le pliage excessif rend sa forme incompatible avec sa fonction est refusée.

2.4.5.3.4 Tolérances

Sauf dispositions particulières spécifiées sur les plans d'exécution, les tolérances de fabrication doivent respecter les spécifications de la norme NF A 35-027.

Les tolérances sur le positionnement des armatures données dans le paragraphe 2.14 sont respectées.

2.4.5.3.5 Dispositif d'accrochage incorporés au béton

Les épingles de manutention (ou boucles de levage) mises en place avant bétonnage et utilisées pour la manutention d'éléments en béton, sont exclusivement façonnées en ronds lisses FeE235, commandés avec contrôle spécifique des produits. Les armatures utilisées à cette fin sont ancrées par courbure et elles ont un diamètre supérieur ou égal à 10mm ; le diamètre du mandrin de cintrage est au moins égal à quatre fois le diamètre nominal de l'armature.

Leur façonnage est interdit lorsque la température ambiante est inférieure à +5°C.

Le dédoublement des épingles de manutention est à exclure ; le dimensionnement tient compte des effets dynamiques et l'effort sollicitant une épingle doit toujours être dans le plan de celle-ci et parallèle à ses branches.

L'utilisation d'un palonnier équipé d'un dispositif d'équilibrage de la charge sur les élingues d'accrochage est obligatoire.

Pour les diamètres supérieurs à 12mm, il est utilisé des ancrs de préfabrication industrielles noyées dans le béton, avec leurs dispositifs spécifiques de levage.

2.4.5.3.6 Dispositifs d'attente

Pour les armatures en attente repliées dont le diamètre est supérieur à 6 mm, il est utilisé des dispositifs d'attente bénéficiant de la certification AFCAB correspondante ou d'un dossier technique justificatif d'aptitude à l'emploi.

Il est rappelé que les armatures libres en attente doivent être façonnées ou équipées de manière à éliminer tout risque grave pour la sécurité du personnel. Des dispositions constructives doivent être prises dès la conception des ouvrages.

2.4.5.4 Mise en place

2.4.5.4.1 Prescriptions générales

Les armatures laissées en attente entre deux phases de bétonnage sont protégées contre les pliages accidentels et munies de dispositifs de protection vis-à-vis du danger qu'elles occasionnent.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 64/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les prescriptions du paragraphe 2.4.5.3.3 sur le pliage et le redressement des armatures à haute adhérence sont respectées.

Sauf justification, il est interdit d'utiliser dans un même ouvrage des armatures à haute adhérence ou des treillis soudés de types différents.

Les arrimages et les calages sont de solidité convenable et en nombre suffisant pour que l'enrobage soit assuré et que les armatures ne puissent se déplacer pendant la mise en place du béton, soit du fait des efforts développés par cette mise en place, notamment par la vibration, soit du fait de la circulation des personnes.

Les chaises et écarteurs éventuellement nécessaires pour supporter les nappes de ferrailage sont prévus.

Le soudage des armatures au chalumeau est interdit.

Les armatures mises en place ne présentent pas de blessures telles que criques ou fissures.

Au moment du bétonnage les armatures en place sont propres, sans rouille non adhérente et sans souillure (graisse, terre,...) nuisant à l'adhérence du béton.

Les armatures des éléments en béton armé moulés dans le sol sont constituées en paniers rigides et maintenus en place par des moyens appropriés.

2.4.5.4.2 Arrimage

Si le ferrailage est réalisé en dehors du coffrage (par exemple, dans un atelier de fabrication d'armatures industrielles certifié AFCAB), sa rigidité est suffisante vis-à-vis des efforts dus au transport et à la manutention pour que ceux-ci ne provoquent pas de déformation irréversible d'ensemble ou de déplacements relatifs des armatures.

Les armatures sont arrimées entre elles au moyen de ligatures ou par des soudures de montage réalisées par résistance ou à l'arc électrique dans les conditions suivantes :

- les ligatures sont en fil d'acier doux recuit fortement serré à la pince. Elles sont disposées aux points de croisement des différentes armatures et doivent permettre un enrobage correct, toutes les chutes de fils d'acier sont éliminées avant le bétonnage,
- les soudures de montage ne doivent pas altérer les caractéristiques mécaniques et géométriques des aciers pour béton armé (les modes opératoires de soudage et les soudeurs doivent être qualifiés selon les indications du fascicule de documentation FD A 35-029 et de la norme NF A 35-027).

Il est procédé à un contrôle visuel des soudures par poste de fabrication d'une durée maximale de neuf heures, pour un panneau ou une cage d'armatures arrimées par points de soudure afin de vérifier la non altération de l'acier de base.

La manutention des bottes d'armatures ou des éléments préfabriqués doit s'effectuer à l'aide d'élingues adaptées à cet effet. L'utilisation de tortillards est formellement interdite.

2.4.5.4.3 Calage

Seules les cales en acier, en béton, en mortier, ou en matière plastique sont admises. Cependant :

- les cales en acier ne sont pas admises au contact des coffrages,
- les cales en béton ou en mortier sont d'une qualité comparable à celle du béton de la structure et de même couleur,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 65/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- l'utilisation des cales en matière plastique est subordonnée à la production de procès-verbaux d'essais concernant leur résistance mécanique ; en outre, elles sont de couleur comparable à celle du béton de la structure et elles ne doivent pas entraîner de diminution de la résistance mécanique de l'ouvrage.

Sauf si elles sont parfaitement stables en raison de leur forme, les cales sont munies de dispositifs permettant leur attache aux armatures de manière qu'elles ne se déplacent pas au bétonnage.

2.4.5.4.4 Enrobage

L'enrobage est défini comme la distance de l'axe d'une armature à la paroi la plus voisine diminuée du rayon nominal de cette armature. L'attention est attirée sur le fait que les spécifications sur l'enrobage minimal définies à la conception des ouvrages sont valables pour toutes les armatures, qu'elles soient principales ou secondaires (cadres, étriers ou épingles). Ces spécifications sont également applicables au droit des jonctions lorsque la continuité des armatures est prévue par jonction mécanique.

2.4.5.4.5 Continuité des armatures

La continuité des armatures est normalement assurée par recouvrement.

Le plan passant par les axes de deux armatures mises en continuité est parallèle au plan du parement le plus proche.

Si des procédés tels que jonction mécanique ou soudage sont utilisés, les prescriptions complémentaires suivantes sont appliquées :

a) Jonction mécanique

Les différents dispositifs de raboutage doivent être conformes à la norme NF A 35-020 (parties 1 et 2) et bénéficier de la certification AFCAB correspondante ou d'un dossier technique justificatif d'aptitude à l'emploi. En outre, il sera démontré au CEA, dans un dossier de justification de conformité, que la rupture en traction selon la norme NF EN 10002-1 (lors des essais périodiques pour le maintien de la certification AFCAB ou au cours d'essais complémentaires organisés par le Titulaire) intervient en dehors du dispositif et de la zone ouvragée des armatures.

Leur mise en œuvre est conforme aux instructions du fournisseur, notamment en ce qui concerne la protection des extrémités de barres préparées (filetage) et la mise en place des capots d'obturation des manchons. La mise en œuvre est réalisée par du personnel spécialisé et qualifié par une formation préalable.

b) Jonction par soudage

Pour l'exécution des jonctions par soudage (bout à bout ou par recouvrement), une procédure de soudage, qui décrit les conditions détaillées de l'exécution du soudage est établie.

Le mode opératoire de soudage et les soudeurs sont qualifiés par un organisme de contrôle agréé au cours d'essais de qualification et suivant les indications du fascicule de documentation FD A 35-029.

A cet effet, il est procédé à un essai de traction et un essai de pliage. Les critères d'acceptation sont les suivants :

- pour l'essai de traction: la rupture doit avoir lieu en dehors du joint soudé et pour une valeur supérieure ou égale à celle de la norme de référence de l'acier pour béton,
- pour l'essai de pliage: pas de fissure pénétrante dans l'une des armatures de l'assemblage avant un angle de pliage de 45° et pas de rupture avant un angle de pliage de 90°.

Dans le cas contraire, les conditions de soudage sont refusées de même que la qualification du soudeur.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 66/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

En cours de fabrication, sauf dispositions contraires, il est réalisé en début de poste de fabrication d'une durée maximale de neuf heures, un essai de pliage sur un assemblage soudé. Les critères d'acceptation sont identiques à ceux de l'essai de qualification.

Il est également admis de souder deux armatures dans le prolongement l'une de l'autre au moyen d'une éclisse dont le plan passant par les axes des deux armatures et de l'éclisse doit être parallèle au parement le plus proche.

2.4.5.5 Contrôle du positionnement des armatures et de l'épaisseur d'enrobage

Un contrôle systématique du positionnement des armatures et des épaisseurs d'enrobage est effectué avant bétonnage lorsque la phase de ferrailage est réputée terminée.

Les tolérances sur le positionnement des armatures sont données dans le paragraphe 2.14.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 67/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.5 SYSTEME DE PRECONTRAINTE

En complément des exigences de conception, le système de précontrainte satisfait, dans l'ordre de priorité suivant :

- aux spécifications du présent paragraphe,
- à l'agrément technique européen selon le guide EOTA (ETAG 013) dont il doit obligatoirement bénéficier
- au titre II du fascicule n°4 du C.C.T.G. des marchés publics de travaux (décret 83-252 du 29 mars 1983 modifié par décret 2000-852 du 31 août 2000) complété par les annexes au règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées protégées (arrêté du 20 avril 1988) et au règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte (arrêté du 13 avril 1989), modifiées et approuvées par le Président de la Commission, sur proposition de la Commission Interministérielle de la Précontrainte en date du 27 février 1996.

2.5.1 CONSTITUANTS

Les constituants sont les suivants :

- les armatures de précontrainte,
- les ancrages,
- les conduits,
- le coulis d'injection des conduits,
- les systèmes dynamométriques,
- le produit souple de remplissage des capots d'ancrage.

A leur arrivée sur le site, les matériaux doivent être accompagnés d'un bon de livraison.

Les matériaux dépourvus d'une documentation adéquate sont rejetés.

2.5.1.1 Armatures de précontrainte

Les unités sont constituées de torons gainés protégés. Les torons sont de classe 1860 MPa, T.B.R (très basse relaxation), de diamètre nominal 15,7 mm. Chaque toron, composé de 7 fils, a une section nominale de 150 mm².

Les câbles comportent au plus 7 torons protégés gainés. Le nombre de torons ainsi que les unités sont définis par les études d'exécution. Les torons sont du type couissant au sens de la norme XP A 35-037.

Les torons gainés protégés sont homologués conformément aux exigences du fascicule 4 titre II du C.C.T.G des marchés publics de travaux, selon le règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées protégées (arrêté du 20 avril 1988).

2.5.1.2 Dispositifs d'ancrages

Les pièces sont telles que définies par la notice technique du système (y compris le capot d'injection permanent ou provisoire).

2.5.1.3 Conduits

Nota : afin d'éviter la confusion entre les gaines en polyéthylène haute densité (PEHD) des torons gainés protégés et les gaines en PEHD utilisées comme conduit, nous désignerons ces dernières par "conduits en PEHD" dans le présent document.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 68/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Ils sont de deux types :

- les conduits en tubes acier, utilisés pour les conduits verticaux purs,
- les conduits en PEHD : ils sont utilisés pour tous les autres conduits ou parties de conduits.

Les conduits doivent être mécaniquement résistants (résistance au cintrage lors de la mise en place et à l'écrasement lors du noyage des conduits dans le béton). Leur diamètre doit être compatible avec le procédé d'enfilage des torons.

2.5.1.3.1 Conduits en tubes acier

Les tubes répondent aux spécifications de la norme NF EN 10224 complétées comme suit :

Les tubes sont en acier de section circulaire, réalisés à partir de produits laminés à chaud et soudés suivant une génératrice. Les soudures sont raclées.

Les tubes sont aptes à supporter les opérations de façonnage suivantes :

- évasement aux extrémités :
diamètre intérieur minimal = diamètre extérieur du tube en partie courante + 1 mm.
- cintrage sur machine avec un rayon minimal régulier. En cas d'ovalisation de la section, le diamètre intérieur minimal est supérieur à la valeur minimale spécifiée.

2.5.1.3.2 Conduits en PEHD

Les conduits en PEHD sont annelés, ils sont fabriqués selon une procédure établie à cet effet.

2.5.1.3.3 Manchons thermorétractables

Les manchons sont en polyoléfine modifiée réticulée, avec enduit intérieur thermo fusible.

Leur diamètre avant retreint est adapté à celui des conduits, leur longueur est fonction du type de jonction.

L'étanchéité des raccords est vérifiée au cours du contrôle prévu au paragraphe 2.5.3.1-2.

2.5.1.4 Coulis d'injection des conduits

Le coulis d'injection bénéficie d'un avis technique favorable selon la circulaire n°99-54 du 20 août 1999. Il est adapté à la géométrie et au profil des conduits afin d'en assurer un remplissage complet.

2.5.1.5 Systèmes dynamométriques

Ces systèmes sont interposés entre le bloc d'ancrage et la tromplaque d'un ancrage. Ils permettent de suivre la tension à l'ancrage du câble instrumenté.

2.5.1.6 Produit souple de remplissage des capots d'ancrage

Ce produit est identique à celui utilisé pour les torons gainés protégés. Il satisfait aux prescriptions du règlement en vigueur.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 69/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.5.2 ESSAIS ET CONTROLES DES CONSTITUANTS

2.5.2.1 Généralités

Tous les constituants métalliques sont stockés en local sec fermé et ventilé. Les conduits en PEHD sont protégés de la lumière directe du soleil pendant leur stockage.

2.5.2.2 Les torons

2.5.2.2.1 Contrôle de la résistance à la traction

Il est effectué au minimum trois prélèvements par sondage pendant la construction de l'ouvrage. Chaque prélèvement, donne lieu à trois essais de traction, selon la norme NF EN 10002-1, permettant de définir, à partir des diagrammes effort-déformation, les caractéristiques mécaniques suivantes :

- la charge maximale dans l'essai de rupture,
- la charge à la limite conventionnelle d'élasticité,
- l'allongement sous charge maximale.

Ces contrôles font l'objet de procès-verbaux. Tous les résultats de mesure de charge maximale, de charge à la limite d'élasticité et d'allongement sous charge maximale doivent être supérieurs ou égaux aux valeurs spécifiées.

2.5.2.2.2 Contrôle de la relaxation

Outre les contrôles indiqués dans la réglementation en vigueur, sont réalisés, sur les lots livrés en début, milieu et fin de mise en œuvre des torons gainés protégés, les essais de relaxation suivants :

- trois essais de relaxation sur toron, à 20°C sous une charge de 0,7 Fr, selon la norme NF EN ISO 15630-3. Les critères d'acceptation sont les suivants :
 - essais jusqu'à 240 h et extrapolation à 1 000 h : pertes par relaxation $\leq 2,5\%$ à 1 000 h,
 - mesure de la flèche résiduelle : 25 mm maximum mesurés sur une corde de 1 m.
- trois essais de relaxation sur toron, à 20°C sous une charge de 0,8 Fr, selon la norme NF EN ISO 15630-3. Les critères d'acceptation sont les suivants :
 - essais jusqu'à 240 h et extrapolation à 1 000 h : pertes par relaxation $\leq 4,5\%$ à 1 000 h,
 - mesure de la flèche résiduelle : 25 mm maximum mesurés sur une corde de 1 m.
- un essai de relaxation sur un toron, à 40°C sous une charge de 0,7 Fr, selon la norme NF EN ISO 15630-3. Le critère d'acceptation est le suivant :
 - essai jusqu'à 240 h et extrapolation à 1000 h : pertes par relaxation $\leq 3\%$ à 1 000 h.

Les premiers essais sont impérativement engagés avant la mise en œuvre des torons.

2.5.2.2.3 Vérifications en usine et à la livraison

Outre les conditions spécifiées dans la réglementation en vigueur, le poids et la longueur de toron sont indiqués pour chaque couronne, ainsi que le numéro d'identification permettant de connaître les caractéristiques de la coulée.

Chaque couronne livrée sur chantier fait l'objet d'un contrôle visuel portant sur l'aspect géométrique des couronnes et l'état de surface des torons gainés protégés. Les torons qui présentent des blessures, fissures ou ruptures de la gaine de protection sont rejetés.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 70/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.5.2.3 Les dispositifs d'ancrages

Il est procédé par sondage à la vérification des certificats d'essais de matériaux, aux contrôles géométriques et aux contrôles de propriétés mécaniques sur produits.

En outre, les contrôles suivants sont effectués avant mise en œuvre :

- la surface d'appui du bloc d'ancrage est exempte de calamine,
- les trous taraudés sont exempts de toute oxydation,
- les pièces sont brutes de fonderie, ébarbées et dessablées,
- chaque pièce comporte un repère de lot permettant son identification depuis l'élaboration du métal et ses date et lieu de fabrication,
- les blocs d'ancrage et tromplaques sont numérotées.

Blocs d'ancrages :

Les alésages coniques sont exempts de toute oxydation. Les pièces finies sont regroupées en lots homogènes. Un repérage permet de remonter dans la fabrication jusqu'à l'élaboration du matériau. Chaque pièce est frappée du repère de lot de fabrication.

Clavettes :

Les clavettes sont exemptes de souillure et d'oxydation. Elles sont livrées huilées.

Les pièces sont regroupées en lots homogènes numérotés et étiquetés. Cette numérotation permet de remonter dans la fabrication jusqu'à l'élaboration du matériau (bulletin de coulée) en passant par l'opération de traitement thermique.

Capots d'injection :

Les pièces de fonderie sont ébarbées et dessablées.

Les trous taraudés sont protégés contre l'oxydation.

2.5.2.4 Les conduits

2.5.2.4.1 Conduits en tubes acier

Les contrôles sont définis par la norme NF EN 10224. Le contrôle porte également sur l'ébavurage correct des extrémités et sur l'existence éventuelle du traitement de surface.

2.5.2.4.2 Conduits en PEHD

Les contrôles sont définis dans une procédure établie à cet effet. Le contrôle porte notamment sur les caractéristiques géométriques (diamètre intérieur et extérieur, épaisseur), mécaniques (résistance au cintrage et à l'écrasement du béton) et sur l'absence de défauts pouvant nuire à l'étanchéité du conduit.

2.5.2.5 Le coulis d'injection des conduits

Avant mise en œuvre, le coulis d'injection fait l'objet d'une épreuve de convenance en vue de vérifier que le matériel utilisé sur site permet de fabriquer un coulis qui respecte les caractéristiques requises.

A l'exception de l'essai de stabilité sur tube incliné non réalisé dans le cadre de cette épreuve, les essais et critères d'acceptation sur les constituants et le coulis sont identiques à ceux donnés dans la circulaire n°99-54.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 71/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.5.2.6 Les systèmes dynamométriques

Outre les contrôles sur les pièces d'adaptation (dont les surfaces en contact doivent être rigoureusement parallèles) qui sont semblables à ceux effectués sur les dispositifs d'ancrage, les systèmes dynamométriques font l'objet d'un contrôle d'étanchéité chez le fabricant, et d'un contrôle de bon fonctionnement lors de chaque cheminement hors usine de fabrication :

- montage des plaques d'appui,
- étalonnage avec les pièces d'adaptation par un organisme habilité, sous diverses conditions :
 - normales (position 0)
 - en le retournant de 180 degrés (position 180)
 - puis en le retournant (position retournée)
- stockage sur chantier.

Ils sont accompagnés des fiches d'étalonnage.

2.5.2.7 Le produit souple de remplissage des capots d'ancrage

Le contrôle porte sur la présence d'un certificat de conformité aux spécifications du fournisseur et les résultats des contrôles internes effectués.

2.5.3 MISE EN ŒUVRE ET CONTROLES ASSOCIES

Ce paragraphe concerne

- la mise en place des tromplaques et des conduits,
- l'enfilage des torons gainés protégés,
- l'injection au coulis de ciment,
- la mise en place des blocs d'ancrage, des systèmes dynamométriques le cas échéant et des clavettes,
- la mise en tension des câbles,
- la pose des capots d'ancrage et leur remplissage au produit souple de protection.

Tout défaut par rapport aux spécifications constaté lors de l'injection ou de la mise en tension doit être relevé et faire l'objet d'une action corrective.

2.5.3.1 Mise en place des tromplaques et des conduits

2.5.3.1.1 Exécution

Les continuités de forme et d'étanchéité sont assurées sur toute la longueur des conduits.

Au droit des reprises de bétonnage et des joints de construction, les conduits sortent de la partie bétonnée d'une longueur suffisante pour exécuter la jonction dans de bonnes conditions.

Les supports sont rigides et suffisamment proches pour éviter tout festonnage et l'endommagement des conduits pendant le bétonnage. Des supports particuliers sont disposés près des ancrages pour renforcer le maintien des conduits avant ou pendant le bétonnage.

Le maintien des conduits doit tenir compte des efforts dus au béton et à la vibration. Le positionnement des frettes et plaques d'about doit également être correctement effectué.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE ED T G C 070054	Indice A	Page 72/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les extrémités supérieures des tubes verticaux ainsi que les extrémités des conduits horizontaux sont obturées par un bouchon provisoire pendant les phases intermédiaires afin d'éviter l'introduction de béton ou d'autres corps étrangers dans le conduit.

La position, la forme et le diamètre des événements, des purges, des points d'injection et de réinjection sont définis par une procédure et des plans méthodes en conformité avec les spécifications figurant sur les plans de principe. Les perçages des conduits pour leur mise en place sont impérativement réalisés avant enfilage des torons.

Tromplages

Les faces non noyées dans le béton des pièces de scellement doivent être peintes avec un système anticorrosion certifié ACQPA en atmosphère très corrosive (catégorie C5-M selon la norme NF EN ISO 12944-2).

Conduit en tube acier

Le tube est approvisionné en longueur droite, puis coupé à longueur et cintré en atelier selon les indications du plan de pose.

Le tube est apte à supporter un cintrage sur machine en respectant le diamètre intérieur minimum.

Le réglage des tubes verticaux est réalisé en fonction des tolérances de positionnement après bétonnage données dans le paragraphe 2.14.

Après réglage, les tubes sont maintenus par ligature ou soudure sur les armatures les plus proches avant et pendant le bétonnage.

Conduit en PEHD

Le conduit est fabriqué et / ou coupé à longueur suivant les indications des plans d'exécution.

Le réglage des conduits en PEHD est défini en fonction des tolérances prédéfinies de position après bétonnage données dans le paragraphe 2.14.

Le maintien des conduits est assuré par le ligaturage de celles-ci sur les supports placés selon les indications portées sur les plans d'exécution.

Raccordement des conduits

- *Assemblage conduit en tube acier ou PEHD - tromplage :*

Le raccordement est réalisé par emboîtement du conduit dans la tromplage jusqu'au contact avec la butée prévue à cet effet.

L'étanchéité est assurée par collage à l'aide d'un produit spécifié dans la procédure de mise en œuvre approuvée.

- *Assemblage conduit en tube acier – conduit en tube acier :*

Le raccordement est réalisé par emboîtement du tube dans un tulipage formé à froid à l'extrémité de l'autre, ou à l'aide d'une manchette intermédiaire.

L'étanchéité est assurée par collage (collage à l'aide d'un produit dont les spécifications et l'application figurant dans la notice technique du fournisseur sont approuvées) et la mise en place au droit du joint d'un manchon thermorétractable d'une longueur au moins égale au diamètre du conduit.

- *Assemblage conduit en PEHD – conduit en PEHD :*

Le raccordement et l'étanchéité sont réalisés par emboîtement bout à bout dans un manchon thermorétractable, complété éventuellement par un autre dispositif de raccordement approuvé si nécessaire.

- *Assemblage conduit en tube acier – conduit en PEHD :*

Le raccordement et l'étanchéité sont réalisés par emboîtement bout à bout dans un manchon thermorétractable, complété éventuellement par un autre dispositif de raccordement approuvé si nécessaire.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 73/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- *Manchon thermorétractable :*

Avant mise en place des manchons, un ébarbage soigné des extrémités de conduits après coupe est effectué.

Le manchon est disposé à cheval sur le joint.

Le collage et le rétreint sont réalisés par chauffage du manchon sur toute la périphérie des conduits, par collier à air chaud.

2.5.3.1.2 Contrôles

a) A la mise en place des conduits

Tout élément de conduit déformé est rejeté.

Le contrôle porte également sur l'absence d'oxydation à l'intérieur des conduits en tubes acier.

b) Avant bétonnage

Avant bétonnage, la conformité des travaux exécutés avec les plans d'exécution est vérifiée, en particulier :

- position et respect des tolérances,
- respect des distances minimales mentionnées sur les plans d'exécution entre conduits pour se garantir d'intercommunications éventuelles, solidité des attaches des conduits,
- absence de trous ou défauts rédhibitoires,
- vérification de la section de conduit par passage d'un gabarit correspondant au diamètre,
- exécution correcte des raccordements,
- mise en place des événements aux endroits mentionnés dans les plans,
- pose des bouchons sur toutes les extrémités libres des conduits pour éviter la pénétration de béton ou d'autre corps étranger.

Il est remédié aux défauts éventuels. Tout changement d'élément doit être signalé.

c) Pendant et après bétonnage

Pendant toutes les phases successives de construction de l'enceinte, le maintien des bouchons sur toutes les extrémités libres des conduits est assuré.

Avant enfilage des torons, la section du conduit est vérifiée par passage d'un gabarit. Il est remédié aux défauts éventuels.

2.5.3.2 Enfilage des torons gainés protégés

D'une manière générale, l'enfilage est réalisé par poussage des torons.

Le dispositif est décrit dans une procédure.

Le comptage systématique des torons à l'extrémité "entrée" et à l'extrémité "sortie" est effectué à chaque opération afin de vérifier que le câble est complet et que les surlongueurs prévues sont compatibles avec le procédé de précontrainte utilisé.

2.5.3.3 Injection des conduits

Les instructions relatives à l'injection font l'objet de procédures approuvées. Celles-ci comportent notamment :

- la description du matériel utilisé et les moyens en personnel,
- la composition, les caractéristiques et le mode de fabrication du coulis,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 74/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- la méthode d'injection (celle-ci est définie à la suite d'essais préliminaires sur maquette ou par référence à des injections sur des ouvrages similaires),
- l'ordre d'injection des conduits,
- les cadences d'injection,
- les consignes et dispositions particulières à suivre en cas d'incident ou lorsque des conditions climatiques défavorables sont à craindre.

Les conduits doivent permettre le libre passage du produit et être exempts de corps étrangers pouvant causer leur obstruction.

Les extrémités des câbles sont équipées de capots d'injection permanents ou provisoires. Les flexibles d'injection ont un diamètre intérieur minimum de 40 mm.

Les pompes d'injection sont équipées d'un manomètre de mesure de la pression permettant une précision de $\pm 0,1$ MPa et d'un manostat prérégulé. Un manomètre témoin est placé à l'entrée du câble.

2.5.3.1.1 Exécution

La phase d'injection des conduits se déroule comme suit :

- mise en place des presses-étoupes sur les tromplagues,
- vérification de l'étanchéité à l'air,
- injection au coulis de ciment,
- durcissement du coulis (minimum 24h avant mise en tension),
- démontage des presses-étoupes.

2.5.3.1.2 Contrôles

L'étanchéité des conduits est vérifiée comme suit :

- pour les conduits des câbles horizontaux : les orifices du câble étant tous obturés à l'exception de l'évent d'injection, un soufflage d'air comprimé déshuilé à une pression de 0,5 à 0,7 MPa est effectué dans le conduit par cet évent. Il est vérifié que la diminution de pression n'excède pas les valeurs établies au cours d'essais préliminaires effectués conformément à ce mode opératoire (exemple : pertes $\leq 0,1$ MPa en 3 minutes).
- pour les conduits des câbles injectés sous vide partiel : les orifices du câble étant tous obturés à l'exception de l'évent de sortie, une mise sous vide du conduit est réalisée par cet évent. Il est vérifié que l'augmentation de pression n'excède pas les valeurs établies au cours d'essais préliminaires effectués conformément à ce mode opératoire.

Pour les deux types de vérification, en cas d'insuccès indiquant une fuite locale et une communication possible avec d'autres conduits, une non-conformité est instruite.

Les contrôles sur le coulis d'injection sont réalisés conformément à la circulaire n° 99-54 et les résultats de mesures doivent respecter les critères :

A la fabrication :

Fluidité (pour un coulis à prise retardé) :

- une mesure après malaxage de chaque gâchée,
- une mesure après remalaxage de chaque cuve.

Viscosité (pour coulis thixotropé) : une mesure après adjonction de l'agent thixotropant dans la cuve de mélange,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 75/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Exsudation et température :

- une mesure à chaque démarrage de poste de travail,
- une mesure toutes les dix gâchées.

Il est effectué une mesure de l'exsudation et de température du coulis et à chaque démarrage de poste de travail et toutes les dix gâchées ainsi que des mesures de la température de l'eau, du ciment et de l'air ambiant.

Les résultats doivent être conformes à la plage d'utilisation déterminée au cours de l'essai de convenance prévu au paragraphe 2.5.2.5.

Toute gâchée dont le contrôle ne satisfait pas un des critères est éliminée.

Les résistances mécaniques R_c et R_t ainsi que l'absorption capillaire et le retrait sont mesurés 2 fois par famille de câble (horizontaux, verticaux purs, gamma).

Au cours de l'injection :

Fluidité ou viscosité et température :

- une mesure en début de pompage, pour chaque conteneur de transport de coulis,
- une mesure avant de redémarrer l'injection, en cas d'arrêt de pompage supérieur à 1 heure,
- une mesure à l'entrée et à la sortie de chaque câble,
- une mesure aux événements de sorties spécifiques aux câbles gamma et dôme.

Les résultats des mesures doivent être conformes à la plage d'utilisation déterminée lors de l'essai de convenance prévu au paragraphe 2.5.2.5.

Pression :

La pression d'injection est constamment suivie de manière à ne pas dépasser à l'entrée la pression limite indiquée pour chaque famille de câble, soit :

- 2,0 MPa pour les câbles verticaux ou les parties verticales des câbles verticaux retournés sur le dôme (câbles gamma),
- 1,0 MPa pour les autres câbles.

Pour chaque conduit, la progression des quantités de coulis injectées et la quantité totale injectée ainsi que la durée de l'opération sont relevées. Au fur et à mesure des opérations, une fiche d'injection est établie, sur laquelle sont reportés les résultats des mesures effectuées, les diverses observations faites et les incidents rencontrés.

L'injection est arrêtée dès lors que l'un des critères n'est pas respecté.

Après durcissement du coulis (24 heures minimum), les presses-étoupes sont démontés.

2.5.3.4 Mise en place des blocs d'ancrage, des systèmes dynamométriques le cas échéant et des clavettes

Les torons sont dénudés au niveau de l'arrêt du coulis.

Cette opération est réalisée juste avant la mise en tension des câbles de sorte à laisser les extrémités des torons protégées de la corrosion par leurs gaines le plus longtemps possible. Si ce phasage ne peut être respecté, il convient de mettre en œuvre une protection provisoire de l'extrémité non gainée du câble par une méthode approuvée.

Les blocs d'ancrage, système dynamométriques le cas échéant et les clavettes sont mis en place conformément à la notice technique du système.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 76/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Cette opération s'effectue après vérification de l'état de surface des cavités coniques des blocs d'ancrage et des faces internes et externes des clavettes.

2.5.3.5 Mise en tension des câbles

2.5.3.5.1 Exécution

La mise en tension est effectuée à l'aide d'un vérin hydraulique conformément au programme défini par le concepteur qui précise l'ordre de mise en tension et l'allongement calculé. Les câbles verticaux purs sont tendus par une extrémité.

Les autres câbles (horizontaux et gamma) ont leurs deux extrémités tendues simultanément.

La pression nominale à atteindre est déterminée en fonction de l'effort à atteindre dans le câble concerné.

Pour chaque câble, les résultats de mesure et les diverses observations sont mentionnés sur la fiche de mise en tension, y compris les incidents survenus.

La coupe des armatures ne peut intervenir qu'après transmission des fiches de mise en tension et contrôle exhaustif de la conformité d'exécution aux spécifications.

Les surlongueurs nécessaires pour régler et ajuster la précontrainte a posteriori doivent être prévues.

2.5.3.5.2 Contrôles

1) Détermination des coefficients de frottement gaine/câble par mesure préalable des coefficients de transmission

Avant le début de la première phase de mise en tension, les coefficients de transmission de deux câbles horizontaux non déviés sont mesurés (et enregistrés graphiquement) selon la méthode d'essai de niveau 2 du L.C.P.C. en annexe de la circulaire n°94-33.

Des actions correctives éventuelles de mise en oeuvre sont prises si le coefficient de frottement est non conforme à la valeur théorique (tolérance comprise).

2) Mesure des efforts et des allongements

L'effort appliqué au câble de précontrainte pendant l'opération de mise en tension est mesuré à l'aide d'un capteur de force. La mesure de l'effort est enregistrée.

L'allongement correspondant, obtenu lors de la mise en tension, est mesuré à l'aide d'un capteur d'allongement incorporé au vérin de tension. La mesure de l'allongement est également enregistrée.

L'effort et l'allongement sont affichés au poste de commande afin de contrôler le bon déroulement de l'opération.

La conformité des valeurs de l'effort et de l'allongement aux valeurs prédéfinies est vérifiée ; en cas d'anomalie une correction de tension est effectuée dans le cadre des dispositions réglementaires concernant la mise en tension des câbles de précontrainte.

La force initiale de traction des armatures prescrite ayant été atteinte pour une valeur F_0 au vérin (ou pression P_0), tout allongement mesuré "al" sortant de la fourchette correspondant à + 8%, - 5% de l'allongement calculé "AL" doit donner lieu à un examen particulier du diagramme effort-allongement (ou pression-allongement).

Si l'allongement mesuré "al" à l'effort F_0 (ou la pression P_0) est supérieur à 1,08 "AL", l'opération de mise en tension est arrêtée et fait l'objet d'une déclaration de non conformité.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 77/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Si l'allongement mesuré "a" à l'effort F_0 (ou la pression P_0) est inférieur à 0,95 "AL", les dispositions suivantes doivent être prises successivement pour déceler la cause du manque d'allongement :

- étalonnage de la chaîne de mesure,
- vérification du fonctionnement à vide du vérin, de la pompe et des flexibles,
- détension du câble et coulissage des torons dans leurs gaines pour vérifier qu'il ne sont pas bloqués. Retension du câble et, si la non conformité persiste, re-enfilage d'un ou plusieurs torons neufs.

Cette opération de détension-retension ne peut être qu'exceptionnelle et nécessite une justification. Si l'allongement voulu n'est pas obtenu, il ne faut procéder à aucune opération de coupe ou de cachetage.

3) Mesure de la rentrée des clavettes

A la fin de l'opération de mise en tension, l'incidence de la rentrée des clavettes sur la tension du câble, lors du transfert de l'effort du vérin de tension à l'ancrage, est déterminée par l'analyse de l'enregistrement de la courbe effort-allongement.

L'effort mesuré est comparé à l'effort calculé pour la valeur de rentrée nominale nette spécifiée.

Au cas où les mesures relevées excèdent cette valeur, une reprise en tension à la pression est prescrite après avoir tracé des repères sur deux ou plusieurs autres torons. On mesure alors sur ces nouveaux repères la rentrée après transfert de l'effort à l'ancrage. Si cette seconde mesure est inférieure à cette valeur, le câble est considéré comme acceptable.

Si la non conformité persiste, l'acceptation du câble nécessite une justification en fonction de l'effet sur les sections considérées de l'ouvrage.

2.5.3.6 Pose des capots d'ancrage et remplissage au produit souple de protection

La tête d'ancrage est obligatoirement protégée par un capot définitif qui est rempli du même produit souple que celui qui est utilisé pour les torons gainés protégés. Ce remplissage des capots d'ancrage doit être réalisée au plus tard 15 jours après la mise en tension (ce délai peut être réduit en fonction des conditions climatiques et de l'exposition à ces effets des câbles concernés). Si ce délai ne peut être respecté, il convient de mettre en œuvre une protection provisoire de l'extrémité non gainée du câble par une méthode approuvée.

2.5.3.7 Rapport de synthèse

L'ensemble des opérations de mise en tension et d'injection fait l'objet d'un rapport d'analyse et de synthèse reprenant les résultats issus des fiches de mise en tension et des fiches d'injection.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 78/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.6 PREFABRICATION

2.6.1 GENERALITES

Ce paragraphe 2.6 s'applique aux éléments d'ouvrages préfabriqués en usine située soit à l'extérieur du site considéré soit dans une usine de préfabrication spécialement réalisée sur le site à proximité immédiate des ouvrages.

Seuls les éléments conçus pour être préfabriqués peuvent l'être. Les plans doivent indiquer "éléments préfabriqués". Les efforts induits lors des manutentions doivent être pris en compte à la conception des éléments.

Toutes les prescriptions imposées aux constituants, à l'étude, à la fabrication, à la mise en œuvre et au contrôle du béton du paragraphe 2.2 "Bétons" sont applicables. Les adaptations éventuelles doivent être justifiées.

Les moyens de levage sur site sont en adéquation avec les masses des éléments conçus préfabriqués afin de permettre la mise en place de ces éléments.

Les parements finaux de l'ouvrage doivent respecter les spécifications du paragraphe 2.3 "Parements et coffrages" pour la catégorie de parement concernée.

Les tolérances d'exécution données dans le paragraphe 2.14 "Topographie, tolérances et auscultation" sont respectées, en particulier sur les pièces noyées en 1^{ère} phase (fourreaux, platines, pièces pré scellées...).

2.6.2 FABRICATION

2.6.2.1 Localisation des usines de préfabrication

Elles sont implantées sur le site ou à proximité, des usines existantes peuvent être retenues.

Elles sont équipées de puissants moyens de levage, les aires de stockage et de manœuvre sont prévues afin de stocker le maximum d'éléments.

2.6.2.2 Parements et coffrages

Les dispositions du paragraphe 2.3 "Parements et coffrages" sont applicables.

La conception et la nature des matériaux utilisés prennent en compte les contraintes de bétonnage mais également le montage et le démontage rapide et efficace, ainsi que les sujétions de nettoyage.

Les liaisons périphériques (armatures en attentes) ne doivent pas entraîner de modification unitaire et particulière des éléments de coffrages.

Les tolérances sur le positionnement des armatures données dans le paragraphe 2.14 "Topographie, tolérances et auscultation" sont respectées.

Les parements respectent les spécifications du paragraphe 2.3.1 "Parements" en fonction de la catégorie de parement prescrite dans le marché.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 79/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.6.2.3 Fabrication du béton armé

Les dispositions du paragraphe 2.2.3 "Fabrication" sont applicables.

Un étuvage des bétons pourra être retenu. Les conditions d'étuvage (gradient de température et valeur maximale) sont définies dans une procédure établie sur la base d'une étude de non-nocivité (hydratation, absence de fissures...) destinée à vérifier que le procédé employé ne cause pas d'altération préjudiciable au comportement de l'élément préfabriqué à moyen et à long terme. En tout état de cause, on sera attentif aux chocs thermiques lors du stockage des éléments.

Les armatures pour béton armé utilisées respectent les spécifications du paragraphe 2.4 "Armatures pour béton armé", notamment les vérifications et contrôles à la livraison.

La procédure de réalisation d'éléments préfabriqués précontraints ainsi que le choix des constituants font l'objet d'une justification sur la base d'essais validant leur aptitude à satisfaire les prescriptions du marché.

Les liaisons périphériques sont étudiées et prises en compte à la préfabrication. On pourra faire appel à des systèmes de manchonnage si nécessaire, afin d'éviter les aciers en attente.

Les dispositifs de préhension et de manutention doivent être vérifiés par le calcul en prenant notamment en compte la nature des moyens de levage. Ces dispositifs doivent être conformes aux spécifications du paragraphe 2.4.5.3-5 "Dispositifs d'accrochage incorporés au béton" et ne doivent pas nuire à la durabilité de la pièce concernée.

2.6.2.4 Mise en œuvre

La mise en œuvre du béton respecte les spécifications du paragraphe 2.2.5 "Mise en œuvre des bétons".

La température du béton à la mise en œuvre et dans l'usine doit être voisine de 20°C, y compris pendant la phase de maturation. Les locaux et le béton mis en œuvre peuvent être chauffés à cet effet.

Les dispositions du paragraphe 2.2.5.11 "Cure du béton" sont respectées.

2.6.2.5 Les zones de liaisons périphériques

Les éléments à réaliser comportent des zones de liaison avec le génie civil sur ouvrage, principalement des aciers en attente ou des systèmes de manchonnage.

Les aciers en attente respectent les prescriptions du paragraphe 2.4.5.3-6 "Dispositifs d'attente".

Les dispositifs de raboutage respectent les spécifications du paragraphe 2.4.5.4-5 "Continuité des armatures".

Les surfaces de liaison sont correctement avivées afin de garantir une bonne adhérence entre l'élément préfabriqué et le béton ou mortier de liaison.

Le produit d'assemblage (béton ou mortier) avec les parties d'ouvrage en place ne peut être utilisé qu'après justification de ses caractéristiques aux prescriptions du marché. Le produit utilisé devra être facile de mise en place et son retrait minimisé.

La géométrie des formes à liasonner doit prendre en compte le critère de rapidité et de facilité de mise en œuvre. Les cavités à remplir doivent être de forme compatible avec une mise en œuvre facile sans qu'il soit fait recours à des injections complémentaires.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 80/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.6.3 LA MISE EN PLACE DES ELEMENTS

2.6.3.1 Le marquage

Tout élément préfabriqué reçoit un marquage propre à permettre son identification et à préciser ses conditions d'utilisation.

Le marquage est conforme aux indications des plans d'exécution, il comporte aussi la date de fabrication des éléments.

2.6.3.2 Les manutentions, le stockage et le transport

Des dispositions pratiques sont prises pour s'assurer que l'élément préfabriqué a atteint la résistance minimale nécessaire pour subir les opérations de manutention, stockage et de transport sans dommages.

Les opérations de manutention, y compris les transports sur le chantier et de stockage, sont conduites de façon à :

- éviter tout effort imprévu et toute déformation excessive,
- éliminer tout risque de détérioration susceptible de nuire à l'aspect ou à la durabilité des éléments.

En particulier, il doit être prouvé par le calcul que les efforts engendrés par la manutention et le transport sont pris en compte dans la conception de l'élément préfabriqué.

Tout incident survenu au cours des opérations de manutention est relevé. L'élément concerné est isolé jusqu'à la conclusion sur l'analyse des conséquences de cet incident.

Les dispositifs d'accrochage incorporés au béton, ainsi que les équipements correspondant sont à définir par le concepteur. Les moyens de levage sont équipés de matériels spécifiques compatibles avec les points de préhension sur les éléments.

Les aires de stockage, le mode de dépose et les moyens de transport prennent en compte les formes et le poids des différents éléments. Les répartitions d'efforts liées aux positions des points d'appuis lors de stockage en empilement ne doivent en aucune façon porter préjudice à l'intégrité des éléments stockés.

Les armatures ou systèmes de liaisons laissés en attente entre deux phases de bétonnage sont protégés contre les pliages accidentels et munis de dispositifs de protection vis-à-vis du danger qu'elles occasionnent.

Le pliage et le redressement des armatures à haute adhérence sont interdits sauf pour les armatures bénéficiant de la certification AFCAB « Aptitude au pliage-redressement » ; cependant le redressement ne peut être effectué que suivant une procédure spécifique.

2.6.3.3 La mise en place et la liaison aux parties d'ouvrages existants

Les éléments préfabriqués ne sont mis en place qu'après vérification :

- du bulletin de livraison comportant la déclaration de leur conformité aux spécifications de la commande. Il reproduit les indications du marquage, complété par la mention du transporteur et la date de livraison,
- de leur état au moment où ils sont réceptionnés ; les éléments ne doivent avoir subi aucun dommage au cours des opérations de manutention, stockage et transport, en particulier leurs surfaces d'appui.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE ED T G C 070054	Indice A	Page 81/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

La mise en place et la liaison aux parties d'ouvrages existants des éléments préfabriqués sont réalisés de façon à :

- éviter tout risque de détérioration (chocs),
- assurer la conformité du positionnement avec les plans d'exécution.

Dès leur pose, les éléments sont maintenus en position de façon à assurer :

- leur stabilité vis-à-vis des efforts appliqués, y compris les efforts dus au vent,
- la géométrie d'ensemble, compte tenu des tolérances prescrites,
- le durcissement, sans désorganisation, des matériaux d'assemblage.

L'assemblage par béton ou mortier de liaison respecte les spécifications du paragraphe 2.2.5.8 "Reprises de bétonnage".

Les opérations d'assemblages sont exécutées par un personnel qualifié.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 82/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.7 PIECES METALLIQUES D'ETANCHEITE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT

2.7.1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce paragraphe s'applique aux fourreaux et le cas échéant aux viroles des traversées métalliques participant à l'étanchéité de l'enceinte. Il ne couvre pas les sas et les tampons.

2.7.2 MATERIAUX – NUANCES ET QUALITES

2.7.2.1 Classification

Les produits sidérurgiques entrant dans la réalisation des pièces citées en 2.7.1 sont classés de la manière suivante :

- tubes pour fourreaux ou viroles,
- aciers pour béton armé soudés sur les viroles des traversées.

2.7.2.2 Conditions générales

Tous les produits sont livrés a minima avec un certificat de contrôle type 3.1.B conformément à la norme NF EN 10204.

Toute réparation par soudage est interdite, seules les réparations par meulage sont permises, dans la limite des tolérances dimensionnelles.

2.7.2.3 Tôles

Les tôles et profilés sont de nuance S235 ou supérieure de qualité J2 ou K2 approvisionnés selon la norme NF EN 10025.

Tous les produits sont livrés à l'état normalisé.

Les tôles travaillant dans le sens travers court sont conformes à la norme NF EN 10164, la classe de qualité minimale relative à la valeur de striction prise en compte est Z35.

- contrôle visuel des chants après découpage pour s'assurer de l'absence de dédoubleure,
- tôles d'épaisseur supérieure ou égale à 20 mm, contrôle par ultrasons suivant la norme NF EN 10160 avec la classe S2 et E3.

2.7.2.4 Tubes pour traversées

Les tubes sont de nuances P265GH avec application des options suivant la norme NF EN 10216 –2.

2.7.2.5 Aciers pour béton armé sur les viroles de traversées

Les aciers à haute adhérence (HA) sont conformes à la norme NF A 35-016, ils sont uniquement de catégorie 3 (désignation : FeE500-3), et doivent bénéficier de la marque "NF-Armatures pour béton armé".

Les ronds lisses pour béton armé sont conformes à la norme NF A 35-015 et sont commandés avec contrôle spécifique des produits (certificat de type "3.1.B" selon NF EN 10204).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 83/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les dispositifs de raboutage soudés sur les viroles des traversées doivent être conformes à la norme NF A 35-020 (parties 1 et 2), bénéficier de la certification AFCAB correspondante et présenter les garanties de soudabilité.

Le mode opératoire de soudage et les soudeurs sont qualifiés selon les indications du fascicule de documentation FD A 35-029 et de la norme NF A 35-027. A cet effet, il est procédé aux essais suivants :

- contrôle visuel de la virole,
- contrôle par ressuage de la soudure,
- essai de traction sur éprouvette, la rupture devant se produire en dehors de la soudure.

2.7.3 SOUDAGE DES PIECES METALLIQUES D'ETANCHEITE

2.7.3.1 Conditions générales

Cahier de soudage

Le cahier de soudage permet d'avoir une vue précise sur les opérations de soudage et de contrôle. Il doit comporter a minima :

- un plan d'ensemble ou un schéma du matériel, avec le repérage de tous les joints soudés,
- un cinéma de montage montrant les séquences d'assemblage et de soudage des éléments constituant le matériel ainsi que l'imbrication des traitements thermiques de détensionnement et des contrôles,
- la liste récapitulative des qualifications de mode opératoire de soudage (QMOS) pour l'ensemble de l'appareil avec, pour chacun d'entre eux, le descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS) à partir duquel se déduit le domaine de validité de la QMOS,
- la liste des assemblages témoins de soudage,
- un DMOS de tous les joints : pour chacun des joints soudés, ou pour chaque type de joint dans le cas des tuyauteries, on doit retrouver :
 - un croquis coté et tolérancé des joints à souder,
 - le ou les modes opératoires de soudage utilisés,
 - les traitements thermiques cumulés,
 - la ou les QMOS dûment référencées validant le mode opératoire,
 - les contrôles prévus.

Qualifications

L'utilisation d'un mode opératoire de soudage est précédée des vérifications, qualifications et recettes suivantes :

- recette des produits d'apport
- Qualification des modes opératoires de soudage
- Qualification des soudeurs et opérateurs

2.7.3.2 Recette des produits d'apport

Les produits d'apport sont assujettis à cette recette. Cette recette vise à vérifier le respect dimensionnel, chimique et mécanique d'un lot de produit d'apport et est a minima justifiée par un certificat 3.1 de la EN 10204.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 84/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les essais à réaliser concernent la résistance à la traction, la limite d'élasticité, l'allongement et la résilience. Ces essais portent aussi sur les couples fil/flux. Les critères des essais de flexion par choc des recettes des produits d'apport couvrent à minima les valeurs exigées pour les métaux de base qui seront assemblés par soudage.

Lorsque des valeurs de flexion par choc ne sont pas requises par ailleurs, l'essai sera effectué avec comme exigences des valeurs de KV à -20°C. Le critère d'acceptation est fixé à 27 J en valeur moyenne avec une valeur individuelle tolérée en dessous de la valeur moyenne et n'étant pas inférieure à 20J.

Lorsqu'un enrobage ou un flux (couple fil/flux ou fil fourré) est un constituant du produit d'apport, les caractéristiques de cet enrobage ou de ce flux sont basiques à très bas hydrogène.

La définition des lots soumis à réception est la suivante :

- Pour les électrodes enrobées : un lot est composé d'une même désignation normalisée, d'une même désignation commerciale et d'une même diamètre, issues d'une campagne de fabrication continue de 24 heures (ou 3 postes successifs de travail). Il est constitué d'âmes provenant d'une ou plusieurs coulées de fil machine et d'enrobage provenant d'un ou plusieurs mélanges secs. La campagne de fabrication correspond à la durée d'extrusion.
- Pour les fils fourrés : un lot est composé d'une même désignation normalisée, d'une même désignation commerciale et d'une même diamètre, issus d'une campagne de fabrication continue dont le tonnage est limité à 50 tonnes. Il est constitué de feuillards ou de tubes provenant d'une ou plusieurs coulées et d'un fourrage provenant d'un ou plusieurs mélanges secs.
- Pour les fils nus massifs et baguettes nues massives : un lot est composé d'une même désignation normalisée, d'une même désignation commerciale, et d'un même diamètre, provenant de fils machines issus d'une seule coulée et d'un même diamètre après transformation à chaud.
- Pour les feuillards, un lot est composé de feuillards d'une même désignation normalisée, d'une même désignation commerciale issus d'une ou plusieurs coulées.

2.7.3.3 Qualification des modes opératoires de soudage

Cas général

Les qualifications des modes opératoires de soudage sont établies suivant les prescriptions de la norme NF-EN ISO 15-614-1.

Toutes les rubriques des descriptifs de mode opératoire de soudage définis en NF-EN ISO 15-609-1 sont renseignées et les tolérances des préparations (angle de chanfrein, talon, jeu) sont précisées sur le schéma de préparation.

Les contrôles non destructifs appelés au titre de la norme NF EN ISO 15-614-1 sont assujettis aux prescriptions de la norme NF-EN 12062. Dans le cas du contrôle par ultrasons, seule la méthode 1 de la norme NF-EN 1714 est à retenir.

Les domaines d'équivalence relatifs aux positions de soudage. Chaque position principale suivant la norme NF-EN ISO 6947 rencontrée en fabrication ou encadrant une position intermédiaire en fabrication doit être qualifiée.

Il n'est ni autorisé de diminuer la température ou le temps de maintien d'un post chauffage, ni de le supprimer.

Lorsque des valeurs de flexion par choc ne sont pas requises par ailleurs, il sera effectué, a minima, des essais KV à - 20°C suivant les dispositions de la norme NF-EN ISO 15-614-1. Le critère d'acceptation est fixé à 27 J en valeur moyenne avec une seule valeur individuelle tolérée en dessous de la valeur moyenne et n'étant pas inférieure à 20 J.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 85/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Cas des connecteurs

Pour les connecteurs employés, le cas échéant, pour ancrer le coffrage perdu du dôme, la procédure de qualification est définie comme suit.

Un essai de qualification est constitué de 2 tôles de nuance P265GH ou une nuance équivalente prises dans les chutes des tôles nécessaires à la fabrication (dimensions 150 x 300 x 6 mm à titre indicatif) et de 20 connecteurs prélevés au hasard dans le lot destiné à la fabrication.

Sur les tôles de qualification nettoyées, il est fait les essais de soudage suivants :

- sur la première tôle : sur une face de la tôle, soudage de 4 connecteurs en position axe horizontal; sur chaque face et en opposition, soudage de 6 connecteurs en position axe horizontal,
- sur la seconde tôle : sur une face de la tôle, soudage de 4 connecteurs en position axe vertical; sur chaque face et en opposition, soudage de 6 connecteurs en position axe vertical.

Les contrôles non destructifs et destructifs suivent les méthodologies appelées dans la norme NF-EN 288-3. Les essais à effectuer sur chacun des 2 coupons, après soudage, sont les suivants :

- contrôles non destructifs (100% visuel). Le bourrelet doit être centré sur le connecteur. Il est de forme régulière. Aucun défaut débouchant et projection de matière ne sont tolérés,
- une coupe macrographique et une filiation de dureté HV 10 sur une coupe longitudinale d'un assemblage tôle/connecteur(s). La mesure de dureté ne doit pas faire apparaître de valeur de mesure supérieure à 350 HV,
- 1 traction sur deux connecteurs soudés face à face : la rupture doit être obtenue dans le connecteur en dehors de la zone d'assemblage,
- pliage au marteau à 45° de 6 connecteurs après retour à température ambiante : l'essai ne doit montrer ni décollement du connecteur ni fissure dans la zone d'assemblage,
- 1 macrographie sur un des six assemblages pliés. Aucun défaut interne n'est toléré.

En fabrication, les connecteurs ayant une soudure défectueuse ou ceux pliés à 45° pour les besoins de contrôles ne sont pas considérés comme ancrages. Ils ne sont pas nécessairement éliminés. Ils sont remplacés par des connecteurs soudés à proximité.

2.7.3.4 Qualification des soudeurs et opérateurs

Les qualifications des soudeurs et opérateurs sont établies suivant les prescriptions la norme NF-EN 287-1. Dans le cas du soudage automatisé, les opérateurs sont qualifiés suivant la norme NF-EN 1418.

2.7.3.5 Qualification des ateliers de fabrication

L'objet de la qualification technique d'un atelier ou/et d'un chantier de fabrication est d'évaluer la capacité et les moyens techniques de cet atelier ou/et chantier pour réaliser des opérations de soudage. Dans le cas d'un chantier, il est évalué la capacité de l'industriel de se projeter sur un site.

La qualification technique d'un atelier ou/et chantier pour l'exécution de travaux de soudage est subordonnée aux exigences qui suivent.

Avant le début des opérations de soudage un rapport de qualification doit être établi et soumis à approbation pour montrer qu'il satisfait aux conditions du présent document.

L'atelier ou/et le chantier doit disposer d'installations appropriées pour exécuter des travaux de soudage satisfaisants. Ces installations comprennent :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 86/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- le nom de l'atelier, le nom du responsable de la qualification de l'atelier ou/et chantier,
- une liste des travaux similaires justifiant l'expérience dans le domaine du soudage, de la gestion d'atelier et/ou de chantier,
- le recensement des équipements de soudage par procédé de soudage et démonstration de leur bon état de fonctionnement (politique de maintenance des postes à soudé, leur fréquence, cas particulier d'un chantier (générateur de soudage déplacé), etc...),
- l'équipement du lieu de travail, décrire les moyens matériels prévus dans le cadre des travaux prévus ainsi que si ces moyens appartiennent ou non en propre au Fabricant :
- besoins de manutentions,
- propreté requise pour la mise en oeuvre des matériaux,
- moyens de stockage adaptés les métaux de base et pour la bonne conservation et à l'étuvage des produits d'apport,
- protections nécessaires pour la mise en oeuvre du soudage (pas de trace d'eau, pas de courant d'air, ...),
- installations de traitement thermique en bon état et de capacité suffisante en fonction des travaux à effectuer,
- installations de contrôles destructifs et non destructifs adaptées aux examens qui doivent être exécutés,
- moyen de contrôle du respect des tolérances géométriques (dimensionnel des pièces et les jeux de soudage),
- moyen de contrôle du respect des tolérances des paramètres électriques de soudage.

La qualification d'un atelier ou/et chantier reste valable tant qu'aucune modification importante aux dispositions précédentes n'a été apportée. Dans le cas contraire, le rapport de qualification correspondant doit être modifié en conséquence.

Il y a remise en cause de la qualification d'un atelier ou/et chantier s'il y a une défaillance grave révélée sur des soudures de production.

2.7.3.6 Soudures de production

2.7.3.6.1 Dispositions générales

Stockage et utilisation des produits de soudage

Les conditions de stockage permettent aux produits d'apport de conserver leurs propriétés. Pour cela, les produits d'apport sont entreposés dans un local clos, sec et chauffé si nécessaire. Le Titulaire définit sous sa responsabilité la température minimale et le degré hygrométrique maximal requis. Les prescriptions du fournisseur de produits d'apport doivent être respectées. La gestion du stock permet, à chaque instant, de vérifier la traçabilité (date d'entrée, date de sortie, référence du lot, désignation, dimension, quantité en stock...) des produits d'apport.

Dans le cas de produits d'apport de type électrodes enrobées basiques et flux basiques, les conditions d'étuvage du fournisseur sont à respecter. Après étuvage, ces produits d'apport sont conservés dans des conteneurs ou armoires chauffants jusqu'à leur utilisation. Ces produits d'apport, en cours d'utilisation de plus de 4 heures, sont ré-étuvés. Cette opération ne peut avoir lieu un nombre de fois supérieur à celui préconisé par le Titulaire de produits d'apport. Chaque soudeur possède un équipement portatif lui permettant de conserver ses électrodes au sec. Le recyclage des flux basiques doit être conforme aux prescriptions du fournisseur de produits d'apport. Enfin, les caractéristiques techniques de mise en oeuvre (courant, position, paramètres, autres) doivent être conformes aux prescriptions des fournisseurs.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 87/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Dans le cas où un conditionnement spécifique sous vide est employé pour les électrodes enrobées, leur recyclage n'est pas admis. Les conditions d'emploi, décrites par le Titulaire, garantissant une reprise en humidité non dommageable (hydrogène diffusible inférieur à 5ml/100g de métal déposé) sont à respecter (hygrométrie, température, temps d'utilisation après ouverture, etc...). De plus, après ouverture de l'emballage, l'emploi de ces électrodes ne doit pas excéder huit heures.

Tous les produits doivent être identifiés à tout instant au cours de leur mise en œuvre.

Préparation et contrôle des bords et surfaces à souder

Les pentes de raccordement des pièces d'épaisseurs inégales sont de 1/4. Elles sont compatibles avec l'exécution des essais non destructifs.

Le mode de chanfreinage par usinage est à privilégier. Toutefois, le meulage peut être utilisé pour les réparations. Dans le cas où d'autres modes sont retenus, il appartient au fabricant de démontrer son innocuité vis à vis de la santé interne du métal de base et du mode de soudage.

L'utilisation du gougeage à l'arc électrique est soumise à condition. Le Titulaire doit recenser l'ensemble des dispositions prises et le soumettre pour accord.

Les zones voisines des surfaces et bords à souder doivent présenter, sur une largeur suffisante, un état de surface compatible avec l'exécution des contrôles non destructifs prévus sur le joint.

Le contrôle des surfaces à souder et surfaces de raccordement est effectué suivant les prescriptions du paragraphe 2.7.3.6-2.

Après accostage le Titulaire s'assure que les tolérances de dimensions des bords et d'écartement des bords, stipulées dans le descriptif du mode opératoire de soudage ou dans les plans d'exécution, sont respectées.

Les opérations de pointages sont considérées comme étant des opérations de soudage. Elles sont donc soumises aux mêmes prescriptions que les opérations de soudage.

Avant soudage, le Titulaire s'assure qu'il n'y a pas dans le chanfrein ou à proximité des produits (graisses, eau, ...) ou des marques (fissure du pointage) qui pourraient nuire à la qualité de l'opération de soudage.

Exécution des soudures de production

Tous les documents nécessaires (gammes, instructions de travail du Fabricant, etc...) se trouvent à l'endroit où doit avoir lieu le soudage,

Il est interdit de souder si la température ambiante est inférieure à -10°C . La pièce doit être maintenue à une température au moins égale à $+5^{\circ}\text{C}$ et le refroidissement après soudage doit être assez lent pour ne pas provoquer de fissuration.

Toute opération de soudage est faite à l'abri des intempéries.

Lorsqu'il est fait usage d'un procédé de soudage avec protection par atmosphère gazeuse, le poste de travail doit être mis à l'abri des courants d'air.

La surface des cordons doit être continue, exempte de défauts d'épaisseur et se raccorder de façon continue avec les surfaces adjacentes.

L'emploi des procédés MIG (131), MAG (135) ou fil fourré (136, 137, 114) est limitée à la mise en œuvre automatisée.

Les coups d'arc sur les surfaces des appareils sont interdits.

Le martelage des soudures est interdit.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 88/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Après soudage, la surface des soudures est parachevée de façon à permettre l'exécution des contrôles non destructifs requis. Elle présente un état de surface compatible avec les prescriptions des modes opératoires des contrôles non destructifs.

Afin d'éviter le croisement de soudures, celles-ci sont décalées, a minima, d'une distance supérieure à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- 2e (e = épaisseur du métal de base),
- 40 mm,

cette distance étant mesurée entre les bords des soudures.

Au même endroit deux opérations de réparation par soudage sont autorisées. Au-delà, le Titulaire ne doit pas poursuivre avant d'avoir établi un rapport analysant les causes de ces réparations successives et avoir soumis ce rapport à l'accord du Constructeur. Il en est de même en cas de réparations trop systématiques ou de mise en évidence de défauts susceptibles de remettre en cause les conditions d'application du mode opératoire, ou la qualification elle-même du mode opératoire de soudage.

Si l'étendue des réparations d'une soudure exécutée par un procédé automatique est susceptible de dépasser le cinquième de sa longueur sur au moins la moitié de son épaisseur, la soudure doit être refaite puis contrôlée à nouveau.

Fiche technique de soudage

Après l'exécution d'une opération de soudage (joints soudés, revêtements, réparations), il est établi une fiche technique de soudage par opération ou groupe d'opérations relevant d'un même mode opératoire de soudage.

Cette fiche technique de soudage doit comprendre au moins :

- le repère du matériel (ou de l'isométrique pour les tuyauteries) auquel appartiennent le joint, le groupe de joints, le revêtement ou la réparation,
- le repère du joint, du groupe de joints, du revêtement ou de la réparation,
- la référence du descriptif du mode opératoire de soudage utilisé,
- la référence du ou des lots des produits d'apport utilisés,
- par opération, le nom (le repère) du ou des soudeurs ou opérateurs l'ayant exécutée,
- pour le soudage automatique, la référence de la machine utilisée.

Préchauffage et Postchauffage

Les conditions de préchauffage et de postchauffage sont soumises à accord.

Traitements thermiques associés au soudage

Dans la mesure du possible, le Titulaire prévoira le maximum de réalisation nécessitant des traitements thermiques associés au soudage en atelier.

Les conditions de traitement thermique de détensionnement sont soumises à accord.

Les thermocouples sont placés sur la charge et sont protégés du rayonnement du four. Les paramètres essentiels de traitement thermique (temps et températures) doivent être enregistrés de façon continue et automatique.

La qualité du four et son plan de chargement doivent être tels que l'écart maximal admissible "des températures obtenues" en tout point sur la charge par rapport à "la température nominale" définie par le Titulaire soit, durant les maintiens en température, de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ pour l'ensemble de la charge.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 89/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Pendant le traitement de l'appareil, le ou les témoins sont placés à l'intérieur de l'appareil. Si cela n'est pas possible, ils sont placés à côté de l'appareil de telle sorte qu'ils subissent un traitement analogue. Un ou plusieurs thermocouples sont fixés sur les témoins.

Un repérage de l'enregistrement et des voies de mesure doit permettre leur affectation à la charge, à l'appareil, à la partie de l'appareil ou la soudure concernée. Un schéma d'implantation des thermocouples est joint à l'enregistrement permettant de relier les emplacements aux voies de mesure.

2.7.3.6.2 Contrôles des assemblages soudés

La qualité visée pour les assemblages soudés en production correspond à la classe B de la norme NF EN ISO 5817 pour les imperfections constatées sauf pour les imperfections de surépaisseurs excessives, de convexité, de gorges excessives et d'excès de pénétration pour lesquelles la classe C est applicable. Les caniveaux (référence des défauts suivant EN ISO 6520-1 n°501) qui ne sont pas admis. En complément à ce niveau de qualité lié à la définition d'un défaut, les critères d'acceptation sont ceux requis par la norme NF EN 12062 pour l'interprétation des indications. Les recommandations sur les modes opératoires sont ceux de la norme NF EN 12062 complétées ou amendées par les exigences suivantes :

- Contrôle par radiographie : le contrôle non destructif par radiographie est réalisé en RX (Rayons X). La classe de système film est, a minima, C3.
- Contrôle par ultrasons : dans le cas du contrôle par ultrasons, seule la méthode 1 et le niveau d'examen C de la norme NF EN 1714 sont à retenir
- Contrôle d'étanchéité : en ce qui concerne les critères et la méthodologie pour le contrôle d'étanchéité par boîte à vide la technique C3 de la norme NF EN 1593 est à appliquer. La méthode de contrôle par boîte à vide ne doit pas altérer la sensibilité de la méthode de contrôle par ressuage.

2.7.3.7 Etendue des contrôles de production

Contrôles non destructifs des soudures de production

Le contrôle est effectué par le service contrôle du Fabricant ou de ses sous-traitants. Les personnes en charge des contrôles non destructifs sont qualifiées et certifiées conformément à la norme NF EN 473 dans le secteur d'activité concerné.

L'interprétation d'un contrôle non destructif est réalisée sur une largeur comprenant le métal déposé complétée des deux zones adjacentes du métal de base (de part et d'autre du joint soudé). La largeur d'une zone adjacente est, a minima, de 15 mm.

Lorsqu'un contrôle non destructif par sondage est requis, les longueurs contrôlées correspondent aux dispositions ci-après.

- Le contrôle à 100 % des nœuds de soudure est requis.
- La longueur totale des joints à examiner ayant été fractionnée en lots homogènes (même mode opératoire, même épaisseur, même soudeur/opérateur), on procède sur chaque lot à un examen sur 10% au minimum de la longueur des joints soudés (les parties linéaires des joints contrôlées en même temps que les nœuds de soudage n'entrent pas en ligne de compte pour le contrôle des parties courantes).

L'existence de défauts hors critères dans l'échantillon entraîne l'examen total du lot correspondant. Cependant, pour les procédés de soudage manuels, lorsque la présence d'un défaut inacceptable est constatée, le contrôle doit être étendu à deux autres soudures appartenant au même lot. L'existence d'un ou plusieurs défauts inacceptables dans ces soudures entraîne l'examen total du lot.

L'ensemble des soudures défectueuses est réparé et subit un nouveau contrôle suivant la même procédure.

Pour les assemblages soumis à des contrôles par sondage, les zones à contrôler peuvent être soumise à accord.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 90/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les cas généraux sont décrits dans le tableau ci après :

Type d'assemblage	Avant soudage		Après soudage	
	Contrôles	Etendue	Contrôles	Etendue
Joint bout à bout Epaisseur ≤ 20 mm	Visuel Ressuage Magnétoscopie	100% ou 100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie Radiographie	100%* 100%* Sondage* *
Joint bout à bout Epaisseur > 20 mm	Visuel Ressuage Magnétoscopie	100% ou 100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie Radiographie Ultrasons	100%* 100%* 100% 100%***
Joint angulaire à pleine pénétration	Visuel Ressuage Magnétoscopie	100% ou 100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie Ultrasons	100%* 100%* 100%
Joint à pénétration partielle	Visuel	100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie	100%* 100%*

* Les contrôles non destructifs de surface (visuel, ressuage et magnétoscopie) sont effectués sur la face externe de l'assemblage soudé et sur la face interne, lorsque celle-ci est accessible.

** Lorsque le contrôle non destructif par radiographie est techniquement non réalisable, il peut être substitué à un contrôle non destructif par ultrasons. Lorsque aucune méthode de contrôle volumique n'est applicable et après accord, le contrôle volumique est substitué par la réalisation d'un canal d'étanchéité et contrôle suivant les dispositions du tableau traitant des cas particuliers.

*** Pour une épaisseur supérieure à 50 mm.

Les cas particuliers sont décrits dans le tableau ci-après :

Type d'assemblage	Avant soudage		Après soudage	
	Contrôles	Etendue	Contrôles	Etendue
Joint bout à bout Liaisons : - constitution des éléments du dôme, - traversées de diamètre supérieur ou égale à 500 mm	Visuel Ressuage Magnétoscopie	100% ou 100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie Radiographie	100%* 100%* 100%
Connecteurs	Visuel	100%	Visuel A définir par le Fabricant **	100% **
Accessoires provisoires	Visuel	100%	Magnétoscopie ou, si non réalisable, faire du ressuage, après élimination et reprise de l'état de surface.	100%
Canal d'étanchéité	Visuel Boîte à vide	100% 100%	Visuel Ressuage ou Magnétoscopie Contrôle par abaissement de pression ***	100% 100% 100%

* Les contrôles non destructifs de surface (visuel, ressuage et magnétoscopie) sont effectués sur la face externe de l'assemblage soudé et sur la face interne, lorsque celle-ci est accessible.

** La nature du ou des contrôles (par exemple pliage puis redressage, témoins de fabrication, etc ...) ainsi que la ou les fréquences associées sont à définir par le Fabricant.

*** La précision demandée est de 10^{-5} Pa.m²/s.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE ED T G C 070054	Indice A	Page 91/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Contrôles destructifs des soudures de production – témoins de soudage

Des témoins de soudage sont exécutés pendant la fabrication pour prouver la régularité et la qualité des soudures de production et s'assurer de la conformité aux conditions de réalisation déterminées dans l'essai de qualification du mode opératoire de soudage.

Le coupon témoin de soudage est réalisé par les soudeurs et/ou opérateurs qui ont exécuté les soudures de production concernées par la réalisation de ce témoin.

Le même matériel ou un matériel similaire à celui utilisé pour l'exécution de ces soudures de production doit être utilisé pour la réalisation de ce coupon témoin de soudage.

Il convient d'effectuer pour les joints principaux des matériels soumis à la pression et participant à l'étanchéité du bâtiment réacteur (peau métallique, sas, ...), à l'exclusion des soudures de piquages (l'accès matériel est considéré comme un matériel différent d'un piquage) et des soudures angulaires non pénétrées, 1 assemblage témoin:

- par qualification de mode opératoire de soudage,
- par atelier ou/et par site,
- par matériel soumis à pression.

Les témoins doivent être exécutés conformément aux soudures de production correspondantes, et à chaque fois que cela est géométriquement possible, dans le prolongement d'un joint.

Le soudage du témoin doit être exécuté, sous la surveillance du service de contrôle de l'atelier, par les soudeurs ou opérateurs réalisant les soudures de production concernées et avec les mêmes paramètres de soudage et le même type d'appareil de soudure, des relevés (ou enregistrements) étant à effectuer au même titre que pour les essais de qualification de mode opératoire de soudage.

Il est interdit de réparer les défauts constatés au cours des contrôles non destructifs finaux. L'importance et la cause des défauts doivent être portées dans le procès-verbal.

Lorsque les assemblages témoins présentent des résultats inacceptables, la qualification de mode opératoire de soudage est suspendue, sauf si le Titulaire montre que le mode opératoire n'est pas en cause.

Les dimensions des assemblages témoins doivent satisfaire aux dispositions des assemblages pour essais de qualification de mode opératoire de soudage et être de longueur suffisante pour effectuer tous les essais requis, les contre-essais, les simulations de réparation (prévues en NF-EN 288-3) au niveau de la qualification.

L'assemblage témoin est soumis aux mêmes contrôles non destructifs et destructifs prévus pour la qualification du mode opératoire de soudage.

L'assemblage témoin de soudage doit être dépouillé le plus rapidement possible et en tout état de cause moins de deux mois après la fin des opérations de soudage et de traitement thermique.

Le procès-verbal doit décrire :

- les conditions (imposées et réalisées) d'exécution de l'assemblage d'essai et notamment les séquences de soudage, les noms des soudeurs et les lots de produits d'apport utilisés...,
- les contrôles non destructifs effectués et leurs résultats,

les essais destructifs effectués avec les valeurs à respecter et les résultats obtenus.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 92/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.7.4 PREFABRICATION ET MONTAGE

2.7.4.1 Définition d'un cercle de référence : cercle directeur

Celui-ci est tracé au diamètre le plus proche possible de celui de l'enceinte au niveau du radier. Il est matérialisé par un certain nombre de points équi-répartis qui sont remontés systématiquement sur chaque plancher ou niveau, au fur et à mesure de la construction de l'enceinte.

2.7.4.2 Cas particulier des viroles de traversées personnel et matériel

Dans le cas des sas personnel et matériel conçus avec virole, celle ci peut être livrée sur le chantier en plusieurs éléments. La virole sera ensuite assemblée au sol et entretoisée afin d'éviter sa déformation lors des manutentions et du bétonnage de l'enceinte.

Ces opérations se déroulent de la manière suivante :

- présentation, assemblage et pointage des éléments de virole
- exécution des soudures et des contrôles associés
- contrôle géométrique et traçage des axes
- entretoisement pour manutention et bétonnage.

2.7.5 CONTROLE GEOMETRIQUE EN COURS DE REALISATION

Les tolérances données dans le paragraphe 2.14 sont respectées.

En outre pour la virole de l'accès matériel, un contrôle géométrique de forme est prévu ayant pour objet la vérification des diamètres et de la longueur développée après assemblage au sol. Les tolérances demandées sont :

- diamètre : \pm (REDACTION RESERVEE) mm
- longueur développée : $+$ (REDACTION RESERVEE) mm
+ 0 mm

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 93/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.8 ELEMENTS METALLIQUES INCORPORES AU BETON

2.8.1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce paragraphe 2.8 concerne les puisards, les fourreaux et les platines d'ancrage incorporés au béton, hors pièces métalliques participant à l'étanchéité de l'enceinte de confinement (§ 2.7) et revêtements métalliques étanches recouvrant les faces intérieures des piscines, canaux de transfert et sas sous eau du bloc eau (§ 2.9), et hors puisards et rétentions en inox (équipements rapportés sur le génie-civil).

2.8.2 FOURREAUX

Les fourreaux métalliques sont mis en place sur des pièces de supportage liées au coffrage ou sur des gabarits indépendants du coffrage qui peuvent faire partie intégrante de l'ouvrage. Le mode de fixation est déterminé en fonction des tolérances données dans le paragraphe 2.14.

2.8.3 PLATINES D'ANCRAGE INCORPORES AU BETON

Avant soudage, les pièces (platines et connecteurs) sont préparées a minima conformément aux prescriptions de la classe 1 de la norme NF P 22-800. Les opérations de débit de tôles, des profilés et des ronds lisses sont réalisées soit par coupage thermique, soit par cisailage pour les épaisseurs inférieures à 25 mm.

Les bords coupés thermiquement doivent être meulés pour éliminer la calamine.

Tous les percements et leurs chanfreins sont exécutés au foret sur perceuse.

La soudure des connecteurs ne doit pas affecter la planéité de la platine.

Les assemblages soudés sont réalisés conformément aux prescriptions des normes NF P 22-470, NF P 22-471, NF P 22-472 et NF P 22-473. Ils sont au minimum de classe de qualité 2 selon la norme NF P 22-471.

La qualification sur un assemblage en position montante qualifie toutes les positions pour les nuances d'acier inférieures à S235J0 (selon NF EN 10025).

Pour la qualification des modes opératoires de soudage (selon NF P 22-472) et des soudeurs (selon NF EN 287-1 et A 88-111), il est effectué également un essai de traction sur connecteur, la rupture devant se produire en dehors de la soudure.

Chaque platine est identifiée par un marquage frappé à froid au moment de sa fabrication, sur la face restant apparente après décoffrage.

Les soudures des connecteurs sur les platines font l'objet d'un contrôle visuel à 100 % et les critères d'acceptation des défauts sont ceux de la classe de qualité la plus sévère de la norme NF P 22-471.

Pour les platines relevant d'autres codes de conception et de construction, le contrôle des soudures est réalisé conformément aux exigences de ces codes. A défaut de critère d'acceptation défini par les codes applicables, on retiendra pour les contrôle par ressuage, ceux de la classe de qualité la plus sévère de la norme NF P 22-471.

En outre, les soudures de production font l'objet d'un essai de traction sur connecteur, au minimum tous les 1000 connecteurs soudés.

Le témoin de production pour cet essai de traction est une platine choisie parmi un lot pouvant comprendre des platines de tous types et fabriquées par plusieurs soudeurs.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 94/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

La rupture doit se produire dans le connecteur en dehors de la soudure pour une contrainte comprise entre R_{maxi} et R_{mini} (valeurs supérieure et inférieure de la contrainte de rupture garantie suivant la norme correspondante de la nuance d'acier du connecteur) ; toutefois :

- si la rupture se produit dans la soudure pour une contrainte inférieure à R_{maxi} , il est effectué deux contrôles supplémentaires. S'il est constaté un défaut au cours de ces essais supplémentaires, toutes les soudures exécutées par le soudeur incriminé sur le lot testé sont déclarées défectueuses et les platines correspondantes sont éliminées,
- si la rupture a lieu en dehors de la soudure pour une contrainte inférieure à R_{mini} , c'est l'ensemble du lot fabriqué qui est rebuté (il y a un doute sur la qualité de l'acier utilisé),
- si la rupture se produit dans la soudure ou à l'extérieur pour une contrainte supérieure à R_{maxi} , le lot est accepté mais une enquête est effectuée sur la nature de l'acier utilisé.

Les contrôles dimensionnels des platines doivent permettre de s'assurer que la flèche maximale des platines dans toutes les directions est inférieure à 1/200 ième de la longueur de la platine dans la direction considérée ; de plus, les creux mesurés sous réglet de 0,20 m doivent être inférieurs à 1 mm. Ces contrôles portent également sur la conformité des platines (longueur, largeur, épaisseur, particularités constructives...) et des connecteurs (nombre, section, longueur, type de soudure) par rapport aux plans d'exécution.

2.8.4 PUISARDS INCORPORES AU BETON

Les normes NF P 22-470, NF P 22-471, NF P 22-472 et NF P 22-473 s'appliquent avec les rappels, modificatifs et compléments ci-après.

En radier, les tôles sont fixées par soudage sur des profilés métalliques (soudures à plat sur latte support).

En paroi et au plafond, le revêtement métallique sert de coffrage au béton. Les éléments le constituant sont assemblés entre eux par soudage. Ce revêtement métallique est raidi et équipé de pièces d'ancrage au béton.

Toutes les soudures sont continues et étanches. Elles sont de la classe de qualité la plus sévère (classe 1) au sens de la norme NF P 22-471.

La qualification des modes opératoires est réalisée conformément aux normes NF P 22-472, NF EN ISO 15-607, 15-609-1, 15-614-1. Les critères d'acceptation des défauts sont ceux de la classe de qualité la plus sévère de la norme NF P 22-471 (classe de qualité 1) complétés par les prescriptions suivantes :

- Le seuil de notation des indications à prendre en compte est de 2 mm.
- Deux indications sont considérées comme étant une seule si la distance qui les sépare est inférieure à deux fois la longueur de la plus petite.
- Ressuage ; sont inacceptables :
 - les indications non arrondies,
 - les indications arrondies dont la plus grande dimension est supérieure à 4 mm,
 - les indications alignées au nombre de 3 ou plus distantes entre elles de moins de 3 mm bord à bord,
 - les indications groupées au nombre de 8 ou plus sur une surface rectangulaire de 100 cm² choisie de façon la plus défavorable par rapport aux indications, sans que sa plus grande dimension ne dépasse 20 cm.
- Magnétoscopie ; sont inacceptables :
 - les indications linéaires,
 - les indications non linéaires supérieures à 4 mm,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 95/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- les indications alignées au nombre de 3 ou plus distantes entre elles de moins de 3 mm bord à bord ou s'étendant sur plus de 40 mm si cette distance est comprise entre 3 et 6 mm.

Les soudeurs ou opérateurs sont qualifiés suivant la norme NF EN 287-1, son amendement et le fascicule de documentation A 88-111.

Les soudures de production font l'objet des contrôles prévus par la norme NF P 22-471 avec les compléments et modificatifs ci-après.

Toutes les soudures de production sont examinées visuellement et vérifiées quant à leurs formes et à leurs dimensions avant bétonnage ; l'examen visuel est fait à nouveau après bétonnage pour les soudures situées en paroi et en plafond. En outre, il est effectué un témoin de production tous les 25 m maximum de joints soudés par un même soudeur. Les témoins de production sont situés dans le prolongement des joints et sont soudés en même temps que ceux-ci. Ils sont radiographiés. Dans le cas où il est décelé un défaut inacceptable, toutes les soudures exécutées depuis le dernier contrôle satisfaisant par le soudeur concerné sont contrôlées par magnétoscopie.

Les tolérances de planéité des revêtements après bétonnage sont les suivantes :

- flèche maximale sous règle de 2,00 m : 5 mm
- creux maximal sous réglet de 0,20 m : 2 mm

Les tolérances d'implantation des parois sont celles des ouvrages en béton précisées à l'article 2.14.

Les puisards subissent une épreuve d'étanchéité après soudage de fonds pleins provisoires sur les piquages et avant mise en œuvre du béton et avant application du revêtement de protection de la surface intérieure ; les piquages ont une surlongueur suffisante pour permettre la soudure des fonds pleins provisoires lors de l'épreuve d'étanchéité. La pression maximale d'épreuve est maintenue pendant au moins quinze jours. A l'issue de cette épreuve l'Entrepreneur effectue l'examen visuel de tous les joints soudés ; aucun suintement, ni aucune déformation permanente ne sont tolérés. Une procédure d'épreuve d'étanchéité doit être établie et soumise à approbation.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 96/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.9. REVETEMENTS METALLIQUES D'ETANCHEITE A L'EAU

2.9.1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce paragraphe s'applique aux revêtements métalliques d'étanchéité à l'eau.

Les ouvrages concernés sont les piscines, canaux de transfert et sas sous eau du bloc eau. Les singularités (batardeaux, traversées, caniveaux associés aux piscines, pièces formées,...) pourront faire l'objet de compléments de spécifications (mentionnés dans d'autres documents).

Nota : les revêtements des puisards métalliques rapportés feront l'objet de spécifications spéciales.

2.9.2 MATÉRIAUX - NUANCES ET QUALITÉS

Les tôles sont en acier inoxydable austénitique sans molybdène. Une seule nuance est retenue, le X2CrNi 18 09, approvisionnée selon la norme EN 10088-2. Tous les contrôles et essais spécifiques sont requis.

Tous les produits sont livrés, a minima, avec un certificat de contrôle type 3.1.B conformément à la norme EN 10204.

Toute réparation par soudage est interdite, seules les réparations par meulage sont permises, dans la limite des tolérances dimensionnelles.

En supplément, sur les tôles de revêtement, les défauts de surface sont meulés en tenant compte des impositions suivantes :

- la surface de retouche sur la face côté eau de chaque tôle n'excède pas 1% de la surface totale de la tôle,
- les surfaces meulées ont un état de surface et une rugosité comparable aux surfaces saines.

Le fini des tôles est :

- mat (tôles laminées à chaud, hypotrempees, decapées et passivées) pour celles des fonds des piscines,
- brillant (tôles laminées à froid, hypotrempees, decapées, passivées et ayant subi une passe de glaçage à froid) pour les autres.

En complément des essais prévus aux normes, un essai de pliage à 180° (le diamètre du mandrin est égal à l'épaisseur de la tôle, la face extérieure de l'éprouvette ne présente ni fissure, ni déchirure, ni gerçure) suivant la norme EN ISO 7438, est à effectuer.

La teneur en cobalt est inférieure à 0.20%.

2.9.2.1 Fabrication en atelier

Le découpage des tôles est réalisé de manière soignée sans bavure et sans déformation des chants de façon qu'aucune trace des opérations de découpage n'apparaisse sur les radiographies.

Le revêtement des angles des piscines est constitué de pièces fabriquées et contrôlées en atelier. Les soudures de raccordement de ces pièces d'angle avec les tôles des parois sont bout à bout sur latte. Elles sont radiographiées sur toute leur longueur.

Les exigences de propreté à respecter pour la fabrication de produit en acier inoxydable austénitique sont à préciser par le Titulaire et sont soumises à l'avis du MOE.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 97/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.9.2.2 Soudage

Les dispositions du § 2.7.3 du présent document sont d'application. Ces prescriptions sont complétées par les points suivants.

2.9.2.2.1 Soudure de production

Les soudures de production sont exclusivement réalisées en multipasses. Le cahier de soudage est renseigné suivant le paragraphe 2.7.3.1.

Les prescriptions du § 2.7.3.6-1 concernant le préchauffage, postchauffage et Traitements thermiques ne sont pas d'application pour le présent chapitre.

2.9.2.2.2 Qualification de mode opératoire de soudage

Les assemblages de qualification sont réalisés dans les mêmes conditions que les soudures de production.

Les macrographies sont réalisées avec lattes support permanentes; de plus, la bonne pénétration de la latte par la passe de racine sur toute la largeur de la préparation, est vérifiée.

A chaque qualification de mode opératoire de soudage est prévue une réparation qui intéresse toute l'épaisseur de la soudure. En complément des contrôles requis pour un assemblage bout à bout, une macrographie située dans la zone réparée est réalisée.

Lorsque les essais de résilience sont requis, l'essai est réalisé à 20°C et le critère d'acceptation est fixé à 40 J en valeur moyenne avec une seule valeur individuelle tolérée en dessous de la valeur moyenne et n'étant pas inférieure à 30 J.

2.9.2.2.3 Qualification des soudeurs et opérateurs

Les soudeurs ou opérateurs devant intervenir sur le soudage du revêtement sont impérativement qualifiés sur latte permanente.

Il est également vérifié, par macrographie, la bonne pénétration de la latte par la passe de racine sur toute la largeur de la préparation.

2.9.2.2.4 Coupon témoin de soudage

Il est réalisé, a minima, un coupon témoin par soudeur et par mode opératoire de soudage pour chacun des compartiments (à préciser par le MOE).

Il est effectué sur chaque coupon une radiographie et une coupe macrographique.

2.9.2.3 Contrôles

Ils sont réalisés conformément au § 2.7, compte tenu des dispositions complémentaires ci-après :

2.9.2.3.1 Contrôles non destructifs

Contrôle Visuel

Les critères d'acceptation de défauts sont ceux du §2.7, en tenant compte des prescriptions complémentaires suivantes :

- surépaisseur maximale admissible : 1 mm,
- dénivellation : 0,3 mm,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 98/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- pente de raccordement entre deux tôles ou pièces d'épaisseurs différentes au plus égale à 1/4.

Les soudures sont examinées sur toute leur longueur.

Contrôle à la boîte à vide

- Aucune indication n'est admise.
- Les soudures sont examinées sur toute leur longueur.

Contrôle par ressuage

- Aucune indication n'est admise. Cet examen a lieu après celui de la boîte à dépression. Une bande de 2 cm de part et d'autre de la soudure est examinée en même temps que celle-ci. Le temps d'imprégnation est porté à 2 heures lorsqu'un contrôle radiographique à 100% n'est pas réalisable.
- Les soudures sont examinées sur toute leur longueur.

2.9.2.3.2 Contrôles par radiographie

Ce paragraphe s'applique aux compartiments qui ont, par conception, des soudures à radiographier (à 100%).

- Les soudures ayant une fonction d'étanchéité ou de résistance sont examinées sur toute leur longueur.
- Le contrôle des soudures est prévu par canaux de contrôles.
- Repérage des éléments radiographiés : à chaque joint est attribué un numéro d'identification, à l'encre exempte d'halogènes. Les repérages sont maintenus lisibles jusqu'à ce que la zone contrôlée soit jugée satisfaisante et le repérage sur croquis exécuté.
- Repérage sur croquis : un croquis indique l'emplacement des numéros de joints, leur origine et leur orientation. Ces repérages doivent permettre de classer les films, de prouver le bon recouvrement et d'éviter toute confusion entre les films.
- La source utilisée est du type appareil à rayonnement X

Les critères d'acceptation sont ceux du 2.7 complétés des prescriptions suivantes : sont inacceptables :

- Toute inclusion isolée si sa plus grosse dimension est supérieure à 3 mm. Deux défauts sont considérés comme formant un même défaut si l'intervalle qui les sépare est inférieur à trois fois la longueur du plus court d'entre eux.
- Les inclusions alignées dont la somme des longueurs est supérieure à e sur une longueur égale à $4e$. (e = épaisseur de la tôle considérée).
- Les inclusions de tungstène isolées supérieures à 1 mm.
- Les soufflures vermiculaires.

L'interprétation des clichés radiographiques est rendue difficile par la géométrie des accostages des soudures sur lattes. Pour pallier cette difficulté, un catalogue d'interprétation à partir d'images types est constitué en vue de différencier les défauts des images dus à la géométrie des accostages.

2.9.2.4 Tolérances dimensionnelles

Voiles :

Pour les voiles, la chaîne de tolérance des différents éléments est définie comme suit : les tolérances sont données par rapport à la position théorique.

- ± 5 mm pour le béton 2ème phase,
- ± 5 mm pour les plaques du liner des piscines,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 99/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- ± 5 mm pour l'ossature support de la peau métallique.

Ces tolérances sont des tolérances de planéité. La surface des voiles se trouvera comprise entre deux plans parallèles distants de la valeur de la tolérance, la surface théorique se trouvant au milieu.

Ces tolérances sont mesurées sur toute la surface des voiles, à la règle de 2,00 m.

Pour l'ossature support de la peau métallique, la surface est celle formée par l'ensemble des montants horizontaux et verticaux.

Le respect de ces tolérances est assuré par le réglage à la pose de l'ossature support de la peau métallique.

Fond :

- ensemble : le revêtement se situe entre deux plans parallèles distants de 10 mm, la cote théorique étant elle-même située entre ces deux plans,
- horizontalité locale : (pente inférieure à 1%) les tolérances complémentaires requises sont à préciser,
- planéité locale : flèche inférieure à 3 mm sous règle de 1 m, quelle que soit la direction.

2.9.2.5 Essais

Les piscines, canaux de transfert et sas sous eau du bloc eau sont mis en eau pendant un mois avec une eau déminéralisée ou de ville. Ils sont réputés étanches si l'on ne constate aucune fuite par le réseau de drainage.

Aucune fuite ne doit être constatée en exploitation (râteliers de stockage en place).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTG C 070054	Indice A	Page 100/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10 CHARPENTES METALLIQUES

2.10.1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce paragraphe s'applique :

- aux charpentes des halls et des bâtiments,
- aux planchers métalliques de dépose ou de circulation,
- aux différents équipements et finitions métalliques diverses.

2.10.2 MATERIAUX - NUANCES ET QUALITES

2.10.2.1 Prescriptions générales pour les aciers laminés

Les normes AFNOR relatives :

- aux produits,
- aux conditions générales de livraison (NF EN 10021 et 10204),
- aux essais,

sont applicables aux aciers dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec les termes du présent document.

2.10.2.2 Aciers de construction d'usage général

Les produits sont définis dans la norme NF EN 10025 ; ils sont classés par nuance et, à l'intérieur de chaque nuance, par qualité.

Les nuances normalement utilisées sont S235, S275 et S355.

Les conditions générales techniques de livraison sont définies par les normes NF EN 10021 et NF EN 10204.

Les produits de qualité JR sont commandés avec contrôle non spécifique et font l'objet soit d'un relevé de contrôle soit d'une attestation de conformité à la commande.

Les produits de qualité J0 sont commandés avec contrôle spécifique des produits et font l'objet d'un certificat de réception "3.1 B".

Les produits de qualité J2 et K2 appartenant aux nuances S235, S275 et S355 sont commandés avec contrôle spécifique des produits et font l'objet d'un certificat de réception "3.1 B". Ils bénéficient de la marque "NF - Acier".

Dans le cas où le risque d'arrachement lamellaire est à prendre en compte (tôles fortement sollicitées en traction perpendiculairement à leur surface), les produits sont conformes à la norme NF EN 10164.

L'emploi des aciers effervescents est proscrit.

La nuance et la qualité des aciers sont portées sur les plans d'exécution et dans les notes de calcul.

Les produits à galvaniser doivent être conformes à la norme NF A 35-503 et la galvanisation doit être effectuée suivant les prescriptions de la norme NF EN ISO 1461 et les recommandations de la norme NF EN ISO 14713.

Les produits revêtus (produits grenaillés et prépeints, « PGP ») doivent satisfaire aux prescriptions de la norme NF EN 10238 et au fascicule de documentation A 35-512.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 101/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les produits présentant des défauts préjudiciables à l'emploi ne sont pas admis.

Les conditions de livraison relatives à l'état de surface des produits plats et des profilés doivent respecter les prescriptions des normes NF EN 10163-1 à 3. Les produits fournis doivent être garantis exempts de défauts internes susceptibles de provoquer des dédoublements lors des opérations de mise en forme, de découpe ou de soudage (en cas de contrôle par ultrasons, les normes applicables sont la norme NF EN 10160 pour les tôles et la norme NF EN 10306 pour les profilés).

Les profils creux pour la construction sont conformes aux normes NF EN 10210-1 (produits finis à chaud) et NF EN 10219-1 (produits formés à froid).

2.10.2.3 Aciers soudables à Haute Limite Elastique (HLE)

Les aciers soudables à Haute Limite Elastique (HLE) définis par la norme NF EN 10025 sont commandés avec contrôle spécifique des produits et font l'objet d'un certificat de réception "3.1 B". Ils sont choisis parmi ceux bénéficiant de la marque "NF - Acier".

2.10.2.4 Contrôles en usine

Lorsque les aciers sont commandés avec contrôle spécifique des produits, les contrôles en usine sont effectués par unité de contrôle dans les conditions suivantes (en complément des conditions prévues dans les normes des produits) :

2.10.2.4.1 Tôles

Qualité J0 :

- Tôles d'épaisseur inférieure ou égale à 25 mm : toutes les 20 tonnes ou fraction restante d'une même coulée.
- Tôles d'épaisseur supérieure à 25 mm : par feuille mère.

Qualité J2 et K2 :

- Par feuille mère.

2.10.2.4.2 Profilés et laminés marchands

- Toutes les 20 tonnes ou fraction restante d'une même coulée.

2.10.2.4.3 Grandes plaques

Qualité J0 :

- Les grandes plaques de largeur égale ou supérieure à 600 mm sont assimilées aux tôles.
- Les grandes plaques de largeur inférieure à 600 mm sont assimilées aux profilés et laminés marchands.

Qualité J2 et K2 :

- Toutes les 20 tonnes ou fraction restante d'une même coulée.

2.10.2.5 Choix des aciers de construction d'usage général

Le choix des qualités d'acier à utiliser est effectué en fonction du classement des pièces en catégories et de l'épaisseur des éléments.

2.10.2.5.1 Classement des pièces

Le classement des pièces est effectué selon le tableau ci-après en fonction de leur sollicitation, de leur difficulté de fabrication et de leur niveau de contraintes, en cinq catégories (I, II, III, IV et V) définies à partir des critères suivants :

- Critères de difficulté de fabrication et de niveau de contraintes :
 - élevé : pièces comportant des accumulations de soudures ou des soudures d'exécution délicate (exemple : soudures bridées),
 - moyen : pièces comportant des soudures de difficulté d'exécution normale, sans concentration de contraintes particulières et éléments recuits comportant un état de contrainte élevé,
 - faible : pièces sans difficulté d'exécution et éléments recuits comportant un état de contrainte moyen.
- Critères d'importance de la pièce :
 - P : pièce principale ayant une fonction déterminante dans la structure porteuse,
 - S : pièce secondaire dont la ruine n'affecterait pas gravement la stabilité ou le service normal de la structure.

Difficulté de fabrication et niveau des contraintes	Importance de la pièce	Catégories	
		Elément en compression	Elément en traction
Elevé	P	II	I
	S	III	II
Moyen	P	III	II
	S	IV	III
Faible	P	IV	III
	S	V	IV

2.10.2.5.2 Qualités des aciers

Les qualités des aciers à utiliser sont au moins égales aux valeurs indiquées dans le tableau suivant :

Catégories	Epaisseur limite en mm										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
I									Qualité J2, K2		
II							Qualité J0				
III					Qualité JR						
IV											
V											

Pour les éléments situés aux limites, c'est la qualité de rang inférieur qui est retenue (par exemple, pour un élément de catégorie I et d'épaisseur 25 mm, la qualité de l'acier est : JR).

2.10.2.6 Vis, écrous et rondelles

Les articles de boulonnerie d'usage général (boulons non précontraints) sont définis par les normes NF EN ISO 898-1, pour les vis et NF EN 20898-2 pour les écrous.

Les normes de produits correspondantes sont les normes NF EN ISO 4014, 4016, 4017 et 4018 pour les vis, NF EN ISO 4032, 4033 et 4034 pour les écrous, et NF EN ISO 7089, 7090 et 7091 pour les rondelles plates.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 103/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les boulons de classe de qualité 6.8 doivent bénéficier de la marque "NF - Boulons non précontraints".

Les vis et les écrous doivent porter l'identification de la classe de qualité et celle du fabricant.

Les boulons à serrage contrôlé sont définis par les normes NF E 27-701, NF E 27-702 et NF E 27-711 et doivent bénéficier de la marque "NF - Boulons à serrage contrôlé".

Les boulons marqués « HV » doivent être conformes aux normes allemandes DIN 6914, 6915 et 6916.

2.10.2.7 Métaux d'apport pour soudage à l'arc électrique

Les matières d'apport et les matériaux auxiliaires sont choisis de telle manière que les caractéristiques de l'assemblage soudé satisfassent aux exigences imposées. Il faut éviter une résistance inutilement élevée pour le métal fondu par rapport au matériau de base.

Le choix des matières d'apport est conditionné par l'exécution d'essais de soudage dans des conditions de fabrication faisant intervenir la nuance d'acier et l'épaisseur de produit prévues dans l'emploi définitif (voir QMOS, qualification du mode opératoire de soudage). Le programme de soudage doit préciser la désignation (normalisée et commerciale) et la provenance des produits d'apport pour soudage.

Les électrodes utilisées pour le soudage manuel à l'arc sont de type basique, conservées et séchées selon les spécifications du fournisseur. Elles sont définies en particulier par les normes NF EN 499 et NF EN 1597-1 à 3. Les électrodes rouillées sont proscrites.

La norme NF EN ISO 14-344 permet la définition et l'évaluation d'un lot de produits d'apport.

Pour les assemblages soudés de classes de qualité 1 et 2 (classes de qualité définies dans la norme NF P 22-471) une spécification de recette de produit d'apport est établie ; les produits d'apport correspondant à ces classes de qualité sont livrés avec un certificat de réception effectuée par le fournisseur. Pour la classe de qualité 3, les produits d'apport sont livrés avec une attestation de conformité aux normes.

Lorsque les produits d'apport employés sont des produits nouveaux, inconnus ou mal connus dont la résistance R_m minimale est supérieure à 510 MPa, une qualification du produit est réalisée avant son emploi en fabrication.

2.10.2.8 Stockage, transport et manutention

Les produits en acier sont stockés et manipulés de manière à éviter tout contact avec le sol et toute déformation. Ils sont rangés selon leur nuance et leur qualité. Les produits prépeints sont stockés à l'abri des intempéries et manutentionnés en protégeant le revêtement peinture.

2.10.3 CONSTRUCTION EN ATELIER

2.10.3.1 Prescriptions générales

Toutes les dispositions sont prises pour que les ouvrages de charpente métallique s'adaptent aux autres ouvrages, compte tenu des tolérances d'exécution de ces derniers rappelées au paragraphe 2.14. Si nécessaire, un montage provisoire est prévu en atelier (montage à blanc) ; dans ce cas les éléments doivent être marqués avant démontage.

Les parties de charpente qui sont inaccessibles après assemblage font, à l'exclusion des faces d'assemblage par boulons à serrage contrôlé, l'objet d'un traitement particulier en atelier.

Le repérage des pièces est effectué soit :

- par marquage à froid,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 104/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- par étiquette métallique pour les petites pièces en vrac (goussets, attaches, cornières, ...).

2.10.3.2 Préparation des éléments

2.10.3.2.1 Préparation des éléments conformément aux normes

La préparation des éléments est réalisée conformément aux normes NF P 22-431, NF P 22-462 et NF P 22-800. Pour les poutres de roulement des ponts roulants et les charpentes soumises à la fatigue ou à des charges dynamiques, on applique les conditions de la classe de qualité la plus sévère. En outre, il est tenu compte des compléments suivants :

- les aciers sont nettoyés, dressés et planés avant emploi,
- la technique de découpage permet d'obtenir une coupe régulière; les défauts localisés sur la surface de coupe sont éliminés à la meule,
- les bords des fourrures et des tôles de platelage ne participant pas à la résistance peuvent être laissés bruts de cisailage,
- si les joints doivent être soudés, des essais préalables justifient que l'altération provoquée par la coupe disparaît après soudage,
- les chanfreins pour joints soudés sont préparés à la raboteuse, au burin, à la meule ou au chalumeau automatique ; dans ce dernier cas, pour l'acier de nuance S 355, pour ne pas provoquer de zone fragile, un préchauffage est réalisé si nécessaire (selon le mode opératoire adopté).

2.10.3.2.2 Cas des assemblages par boulons à serrage contrôlé

Les surfaces d'assemblage sont traitées:

- soit par projection d'abrasifs au moyen d'air comprimé sec,
- soit par métallisation.

Des essais de résistance d'assemblage par frottement sont réalisés; ces essais permettent de définir la rugosité que les surfaces doivent présenter après traitement et les moyens de contrôler cette rugosité (voir NF P 22-461).

La nature du traitement de surface, les conditions d'exécution de celui-ci et le serrage des boulons à serrage contrôlé sont qualifiés et mentionnés sur les documents d'exécution. Cependant on peut se dispenser des essais de qualification si le traitement des surfaces est effectué suivant des modalités éprouvées, justifiées par la production de résultats obtenus dans des conditions comparables (même force de serrage et boulons de même diamètre) et si les coefficients de frottement pris en compte dans le calcul sont au plus égal à 0,45 dans le cas de traitement par projection d'abrasifs.

Dans le cas d'un traitement par métallisation les essais de résistance d'assemblage par frottement sont toujours effectués.

La qualification du traitement porte sur :

- la nature du traitement,
- les matériels utilisés et leurs conditions d'utilisation,
- la nature et les propriétés des abrasifs ou la nature du métal et l'épaisseur de la couche projetée en cas de métallisation,
- le contrôle de l'état des surfaces après traitement.

Le délai maximal séparant le traitement des surfaces du serrage des boulons est déterminé au cours des opérations de qualification.

Les traitements de surface sont vérifiés et doivent correspondre aux états de surface prévus lors de l'étude de conception. A cet effet, les éprouvettes sont traitées dans les mêmes conditions que les surfaces de frottement des assemblages. Les essais sont réalisés suivant la norme NF P 22-461.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 105/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.3.3 Exécution des assemblages par boulonnage et rivetonnage

2.10.3.3.1 Prescriptions générales

Dans le cas d'assemblage bout à bout de poutrelles par éclissage, toutes les dispositions sont prises pour assurer d'une part l'alignement des éléments au montage et d'autre part le parfait contact des éclisses avec les éléments qu'elles assemblent.

Un assemblage d'extrémité comporte, pour chaque barre concernée, au moins deux boulons.

Les assemblages par boulons "plein trou" (boulons ajustés) sont interdits.

Les tiges de boulons situées dans les pièces sont enduites d'une graisse neutre telle que lanoline.

2.10.3.3.2 Rivetonnage

Les rivetons sont utilisés comme des boulons ordinaires ; les jeux dans les trous respectent les conditions indiquées par le fabricant.

Leur utilisation comme boulon à serrage contrôlé est interdite.

2.10.3.3.3 Boulonnage

a) Boulons ordinaires

La conception des assemblages par boulons non précontraints travaillant au cisaillement respecte les prescriptions de la norme NF P 22-430.

L'exécution de ces assemblages est effectuée conformément à la norme NF P 22-431 et en tenant compte des compléments suivants :

- les assemblages doivent être conçus pour assurer la transmission des efforts en évitant les moments secondaires ; dans le cas contraire, ces assemblages font l'objet d'une justification tenant compte de ces moments secondaires,
- l'utilisation de qualité de boulonnerie différente pour une même série de diamètres est à éviter dans la mesure du possible, sinon elle doit être identifiée afin d'éviter les erreurs d'emploi,
- les boulons en acier sont :
 - soit galvanisés ou cadmiés électrolytiquement, l'épaisseur minimale est de 10 μm ,
 - soit galvanisés à chaud, le dépôt minimal de zinc est de 5 g/dm²,
- les écrous sont serrés bien à fond sauf pour les boulons des joints par trou oblong devant permettre le déplacement des éléments assemblés (dans ce cas, graisser les parties coulissantes),
- la partie filetée des boulons ne doit pas régner au droit d'une section cisailée. Dans le cas des assemblages supportant des efforts importants, la longueur non filetée des boulons est supérieure à l'épaisseur à serrer; ces boulons sont munis sous leurs écrous de rondelles d'épaisseur supérieure à l'excédent de longueur non filetée,
- les écrous sont systématiquement freinés (le soudage de l'écrou sur la vis est interdit).

Les trous pour boulons ordinaires peuvent être poinçonnés directement au diamètre définitif à condition de respecter les conditions suivantes :

- ne pas concerner les assemblages des éléments soumis à la fatigue ou à des vibrations,
- $e \leq D$ et $e < 15 \text{ mm}$, avec e = épaisseur poinçonnée et D = diamètre du trou (en mm).

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 106/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Si ces conditions ne peuvent pas être respectées, les trous sont percés. Il est interdit d'exécuter ou d'agrandir les trous au chalumeau.

Les trous oblongs, situés dans la plaque extérieure d'un assemblage, sont recouverts par des plaques de recouvrement de dimensions et d'épaisseurs appropriées.

b) Boulons à serrage contrôlé (ou précontraints)

La réalisation des assemblages par boulons à serrage contrôlé est effectuée conformément aux prescriptions des normes NF P 22-460, 461, 462, 463, 464 et 466, pour la classe de qualité la plus sévère.

Le choix du coefficient de frottement est fait à la conception.

Le contrôle d'exécution est effectué par sur serrage des écrous.

L'étalonnage des clés dynamométriques est effectué suivant le fascicule de documentation NF P 22-469, l'outillage devant respecter les prescriptions de la norme NF EN ISO 6789.

Les courbes d'étalonnage des engins de serrage des boulons à serrage contrôlé doivent être enregistrées.

Les indications sur la préparation de surface et le couple de serrage doivent figurer sur les documents d'exécution.

Pour l'utilisation de boulons « HV » suivant les normes DIN 6914, 6915 et 6916, il convient de se reporter aux Règles professionnelles –« Recommandations pour le choix et les conditions d'utilisation des boulons précontraints et non précontraints » (S.C.M.F. et CTICM - Edition octobre 1997 - CM n° 4/1997).

Les rondelles indicatrices de précontrainte sont interdites.

2.10.3.4 Exécution des assemblages par soudage

Les assemblages soudés sont réalisés conformément aux prescriptions des normes NF P 22-470, 471, 472, 473 et du fascicule de documentation FD P 22-474, avec les rappels, modificatifs et compléments ci-dessous.

Les assemblages soudés de profils creux sont réalisés selon les normes NF P 22-250 / 251 / 252 / 255 et NF P 22-258.

2.10.3.4.1 Prescriptions générales

L'adoption d'un mode opératoire de soudage est précédée des vérifications et qualifications suivantes :

- vérifications préliminaires de la soudabilité et dossier de caractérisation pour les aciers définis en 2.10.2.3,
- qualification du mode opératoire de soudage, recette des produits d'apport,
- qualification des soudeurs et des opérateurs.

Les classes de qualité des assemblages soudés sont justifiées dans tous les cas, compte tenu de la nature et du niveau des sollicitations auxquelles les soudures sont soumises, selon les indications du fascicule de documentation FD P 22-474.

2.10.3.4.2 Soudabilité

Pour le soudage des aciers HLE, il est établi un "dossier de caractérisation" comprenant l'examen de l'aptitude de l'acier au soudage et des essais destructifs et non destructifs sur joints soudés.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 107/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.3.4.3 Qualification des modes opératoires

Le soudage doit être réalisé selon des descriptifs de modes opératoires qualifiés suivant les prescriptions de la norme NF P 22-472, en application des dispositions des normes de la série NF EN 288 « Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques ». En complément de la norme NF P 22-471, une qualification de mode opératoire de soudage est exigée quel que soit le type d'assemblage pour les soudures de classes de qualité 1 et 2.

2.10.3.4.4 Qualification des soudeurs et des opérateurs

Les soudures sont exécutées par des soudeurs ou des opérateurs qualifiés suivant les prescriptions de la norme NF EN 287-1 et du fascicule de documentation A 88-111.

2.10.3.4.5 Exécution du soudage

a) Prescriptions générales

Tous les travaux de soudage sont conformes à la norme NF P 22-471.

Un journal de soudage doit être tenu ; ce journal permet pour chaque soudure de retrouver notamment le procédé de soudage utilisé et le nom du soudeur ou de l'opérateur.

Le gougeage au marteau burineur sur la pièce pendant le soudage est interdit.

Le croisement de deux lignes de soudures principales est à éviter.

Les soudures des pièces accessoires se font en dehors des soudures principales.

Les cordons des jonctions provisoires peuvent être incorporés dans les cordons définitifs à condition que des dispositions soient prises pour éviter les surépaisseurs.

Les cordons doivent d'une manière générale être tournés sur la tranche des pièces assemblées.

b) Correction des déformations après soudage

Si les précautions prises avant soudage n'ont pas permis d'éviter ou de compenser les effets du retrait, les déformations locales sont corrigées, suivant une procédure établie à cet effet, de façon à obtenir un élément fini exempt de déformation :

- soit à froid, lorsque le rayon de courbure dépasse cent fois la dimension intéressée par la courbure,
- soit à chaud, pour les pièces autres que les poutrelles, au moyen de chaudes de retrait. Dans ce cas, l'opération est conduite par un opérateur expérimenté, le métal de base n'est jamais porté à plus de 600 °C et son refroidissement est fait en air calme.

2.10.3.4-6 Contrôles des soudures de production

Les contrôles sont réalisés conformément aux prescriptions des normes NF P 22-471, NF EN 1291 et NF EN 1435 (examen radiographique), en tenant compte des prescriptions complémentaires suivantes.

Les soudures soumises à une contrainte dépassant les sept dixièmes de la contrainte maximale admissible font l'objet d'un examen volumique à 100 %. Les joints concernés sont signalés sur les documents d'exécution.

Les autres soudures font l'objet d'un examen volumique par sondage.

Les soudures en angle ne pouvant faire l'objet d'un examen volumique donnent lieu à un examen par ressuage ou par magnétoscopie en totalité ou par sondage selon le critère de contrainte énoncé ci-avant.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 108/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Le contrôle par sondage comprend au moins le contrôle des nœuds de soudure ainsi que le dixième de la longueur des joints soudés par un même soudeur et par mode opératoire ; les parties de joint contrôlées en même temps que les nœuds n'entrent pas en ligne de compte pour déterminer le dixième de la longueur à contrôler. Le sondage est régulièrement réparti sur tous les joints et tous les postes de travail.

Dans le cas où il est décelé un défaut inacceptable, il est effectué deux contrôles supplémentaires de part et d'autre de la zone incriminée. Si un défaut est constaté au cours de ces contrôles supplémentaires, toutes les soudures exécutées par le soudeur incriminé, depuis le dernier contrôle satisfaisant, sont contrôlées.

Les critères d'acceptation de l'examen par ressuage et par magnétoscopie sont définis ci-après.

Le seuil de notation des indications à prendre en compte est de 2 mm.

Deux indications sont considérées comme étant une seule si la distance qui les sépare est inférieure à deux fois la longueur de la plus petite.

Ressuage ; sont inacceptables :

- les indications non arrondies,
- les indications arrondies dont la plus grande dimension est supérieure à 4 mm,
- les indications alignées au nombre de 3 ou plus distantes entre elles de moins de 3 mm bord à bord,
- les indications groupées au nombre de 8 ou plus sur une surface rectangulaire de 100 cm² choisie de façon la plus défavorable par rapport aux indications, sans que sa plus grande dimension ne dépasse 20 cm.

Magnétoscopie ; sont inacceptables :

- les indications linéaires,
- les indications non linéaires supérieures à 4 mm,
- les indications alignées au nombre de 3 ou plus distantes entre elles de moins de 3 mm bord à bord ou s'étendant sur plus de 40 mm si cette distance est comprise entre 3 et 6 mm.

2.10.3.5 Tolérances de fabrication

Les tolérances générales sont précisées au paragraphe 2.14.

Les tolérances élémentaires des pièces sont les suivantes :

a) Eléments obtenus à partir de profilés courants

Tolérance sur la mise à la longueur

La tolérance de fabrication sur la longueur "L" des pièces courantes exprimée en mm varie selon les conditions suivantes :

- ± 2 pour L < 7000
- ± 3 pour L ≥ 7000

La tolérance de fabrication sur la longueur des pièces munies de platines à leurs extrémités est réduite aux valeurs suivantes :

- + 0, -2 pour L ≤ 7000
- + 0, -3 pour L > 7000

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 109/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Tolérance sur le tracé d'épure : (grugeages, goussets, raidisseurs, platines, pliages, découpes,...)

La tolérance par rapport au tracé théorique est de ± 1 mm pour des dimensions inférieures ou égales à 1 m.

Cette tolérance est portée à ± 5 mm pour les dimensions L supérieures à 1 m .

Tolérance sur l'équerrage des extrémités des éléments :

Les tolérances sur la perpendicularité des extrémités d'un élément par rapport à son axe longitudinal lors des opérations de débit à la scie ou de découpe thermique sont les suivantes:

$a = 1$ mm pour $H \leq 200$ mm

$a = [1 + 2,5 (H-200)/1000]$ mm pour $H > 200$ mm

avec a représentant la distance entre les sections droites encadrant la coupe faite en oblique et H la dimension transversale de la pièce exprimées en mm.

Pour les éléments possédant des platines d'extrémités, la tolérance d'équerrage des faces d'appui des platines est réduite comme suit :

$a = 0,5$ mm pour $H \leq 200$ mm

$a = [0,5 + (H-200)/1000]$ mm pour $H > 200$ mm

avec a et H en mm.

Tolérance de planéité des éléments :

La tolérance de planéité des extrémités des tronçons de poteaux se transmettant des charges directement est définie comme suit :

$b = 0,5$ mm pour $H \leq 200$ mm

$b = [0,5 + (H-200)/1000]$ mm pour $H > 200$ mm

avec b représentant le creux maximal mesuré et H la dimension transversale de la pièce exprimés en mm.

Les tolérances définies ci-dessus sont également valables pour la face d'appui des poteaux à sceller.

La tolérance sur la planéité des platines d'extrémités des éléments autres que poteaux est définie comme suit:

$b = 1$ mm pour $H \leq 200$ mm

$b = [1 + 1,25 (H-200)/1000]$ mm pour $H > 200$ mm

b) Éléments reconstitués par soudure en atelier

La hauteur H hors tout est mesurée en mm aux appuis dans le plan de l'âme.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 110/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Les tolérances sont définies dans le tableau ci - dessous :

DESIGNATION	Dimensions (mm)	Tolérances (mm)	Schéma*
Hauteur hors tout : H Ces hauteurs sont mesurées au droit de l'âme Largeur de la semelle : b Epaisseur de l'âme : a Epaisseur de la semelle : e	$H \leq 1600$ $H > 1600$ $a \leq 30$ $10 \leq e \leq 60$	± 3 ± 5 ± 3 identiques aux tolérances de la norme NF EN 10029	1
Défaut d'équerrage : t		$t \leq 0.01 b$	2
Défaut de symétrie : s $s=(b_1 - b_2)/2$		$s \leq 3$	3
Courbure des ailes : c		$c \leq 0,01 b/2$	4
Courbure de l'âme : p		$p \leq 0,01 h$	4
Tolérance sur la longueur : L		± 3	5
Défaut d'équerrage des extrémités : v		$v \leq 0,005 H$	6
Défaut de dressage ou contre-flèche : q		$q \leq L/1000$	7
Courbure générale u mesurée sur la longueur L		$u \leq L/1000$	8

* Les schémas figurent ci-après :

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 111/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

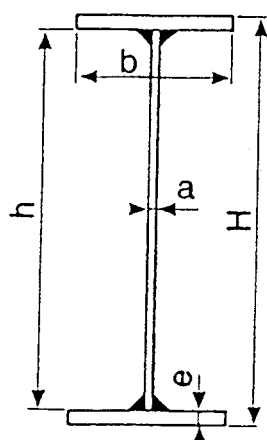


Schéma 1

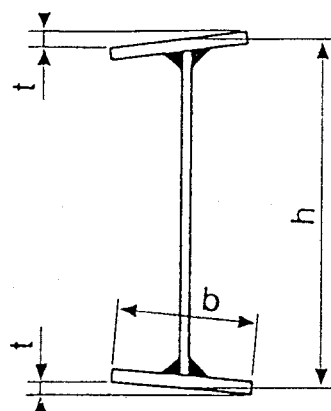


Schéma 2

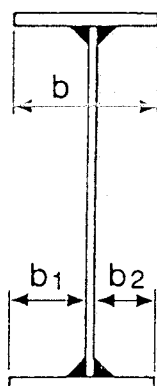


Schéma 3

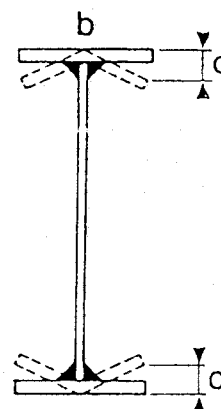


Schéma 4

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 112/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

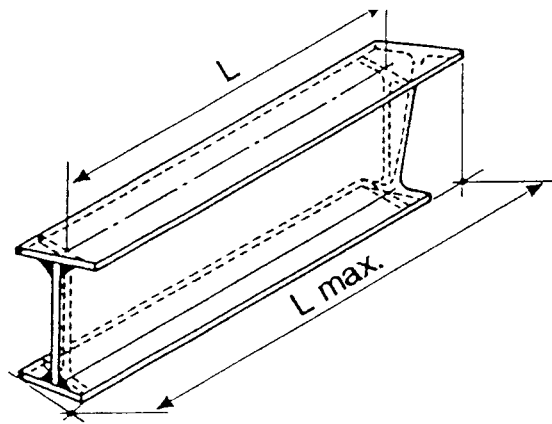


Schéma 5

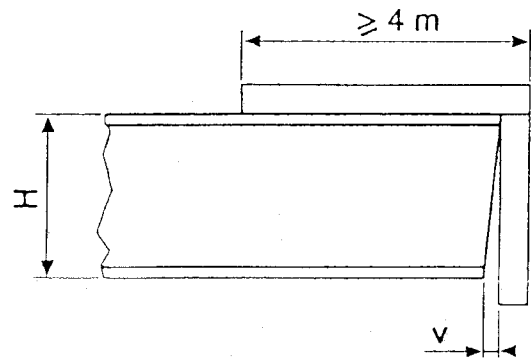


Schéma 6

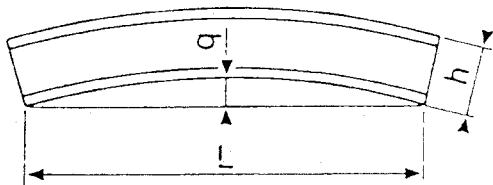


Schéma 7

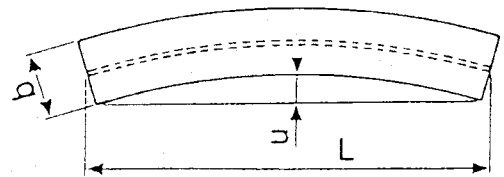


Schéma 8

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 113/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.3.6 Contrôles de fabrication

Les contrôles de fabrication suivants sont effectués :

a) Contrôle visuel

Le contrôle visuel des pièces est effectué systématiquement.

b) Contrôle géométrique

Les différents éléments font l'objet d'un contrôle pour vérifier les caractéristiques géométriques citées au paragraphe 2.10.3.5. La nature et la densité des contrôles sont définies dans une procédure spécifique, en tenant compte de la destination des pièces.

c) Contrôle dimensionnel

Les contrôles dimensionnels sont reportés sur une fiche de suivi de fabrication comportant les valeurs des cotes mesurées.

Un montage à blanc peut être spécifié avant le montage définitif sur site.

d) Contrôle des soudures de production

Les contrôles des soudures de production sont effectués comme défini au paragraphe 2.10.3.4 -6.

e) Contrôle avant expédition

Avant expédition, il est effectué un contrôle par sondage du marquage des pièces (par frappe à froid, par aiguilles ou boule). Ce marquage correspond au repérage de montage tel que figuré sur les plans et est porté sur trois des faces des pièces non manœuvrables.

Le repérage à la peinture est interdit.

Pour les petites pièces en vrac (gousset, cornières d'attaches), l'étiquetage doit être suffisant afin de ne pas égarer des pièces.

f) Contrôle de l'emballage et du colisage

Avant expédition, il est effectué un contrôle de l'emballage et du colisage afin d'éviter les déformations et dégradations des éléments pendant les manutentions et le transport jusqu'à pied d'œuvre. Les dispositions nécessaires sont prises afin de respecter les conditions de manutentions prévues à l'étude.

Les exigences ci-après doivent être respectées :

-toute la boulonnerie ordinaire doit être emballée dans des boîtes par dimension et par nuance.

Chaque boîte doit être étiquetée avec les indications concernant les boulons qu'elle contient (dimensions, nuance, nombre),

-les boulons ordinaires doivent être soigneusement graissés,

-la boulonnerie à serrage contrôlé doit être transportée dans ses emballages d'origine,

-les fourrures au droit des éclisses doivent être expédiées solidement arrimées à l'éclisse correspondante,

-pour les petites pièces l'emballage est constitué de caisses à parois pleines.

2.10.4 MONTAGE A PIED D'ŒUVRE

Les prescriptions du paragraphe 2.10.3 sont applicables si les opérations qu'elles concernent sont également exécutées à pied d'œuvre.

L'utilisation des rive-lons est toutefois interdite sur site.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 114/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.4.1 Stockage et manutention

Les éléments de charpente sont stockés et calés de manière à éviter le contact avec le sol et toute déformation ; ils sont exempts de défauts et salissures au montage.

Les manutentions sont effectuées de façon à ne pas entraîner de déformation permanente et ne pas endommager les éléments de charpente ni leur revêtement.

Les dispositions nécessaires sont prises afin de respecter les conditions de stockage et de manutention prévues à l'étude.

2.10.4.2 Montage

Les opérations de montage et de réglage respectent le cadre imposé par les conditions de calcul et les sujétions du chantier (palées provisoires, phases de montage...)

Le montage est effectué de préférence par boulonnage sinon par soudage. Le contrôle des trous est fait par tampon « passe – ne passe pas ». Les broches sont tolérées pour le rapprochement des pièces à assembler, à condition d'être enfoncées à coups modérés de marteau afin de ne pas déformer les trous.

L'assemblage des barres sous contrainte est interdit .

L'agrandissement éventuel des trous, s'il n'a pas d'incidence sur la géométrie d'ensemble ni sur les hypothèses de fonctionnement des assemblages à la conception, est réalisé sur site par perçage et alésage ; l'emploi du chalumeau est strictement interdit dans ce cas.

En dehors des modifications mineures sans conséquence sur la tenue des ouvrages, les modifications des éléments suite à des erreurs de fabrication ou à des dommages causés par le transport et les manutentions ne sont pas tolérées sur site. Les pièces concernées sont retournées en atelier pour être reprises ou refaites.

2.10.4.3 Tolérances de montage

Les tolérances générales de montage sont indiquées au paragraphe 2.14.

Les tolérances élémentaires sont les suivantes :

2.10.4.3.1 Poteaux

L'écart entre l'axe réel du poteau et l'axe théorique à l'appui ne doit pas excéder 5 mm.

Le défaut de verticalité des poteaux supports de ponts roulants, de hauteur H (en mm) ne doit pas excéder la plus petite des valeurs suivantes: H/1000 et 20 mm

2.10.4.3.2 Poutres des chemins de roulement

La dénivellation de la surface d'appui des poutres de roulement entre deux poteaux successifs d'une même file est inférieure à 5 mm.

La dénivellation de la surface d'appui des chemins de roulement (semelle supérieure) de deux poutres successives d'un même chemin de roulement est inférieure à 2 mm.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 115/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.10.4.3.3 Rails de roulement

L'axe du rail ne doit pas présenter d'écart supérieur à ± 10 mm par rapport à sa position théorique ; la partie supérieure du rail ne doit pas présenter d'écart supérieur à ± 10 mm par rapport au niveau prévu.

Lorsque le rail est prévu pour être axé sur l'âme de la poutre porteuse, l'axe du rail ne doit pas s'écarter de sa position théorique par rapport à l'axe de l'âme porteuse de plus de $\pm 0,5 a$, où a représente l'épaisseur minimale de l'âme porteuse.

La géométrie de chaque voie satisfait les conditions de la norme NF E 52-121 complétées comme suit :

- la tolérance d'horizontalité est définie par la différence de niveau au droit des poteaux d'une même file et n'excède pas le 1/2000 de la distance entre ceux-ci avec un maximum de 10 mm,
- la différence de niveau entre les surfaces de roulement de rails, mesurée au droit des appuis en vis-à-vis, est inférieure à 5/10000 de la portée théorique du pont avec un maximum de 10 mm,
- les écarts sur l'entraxe s (exprimé en mètres) des rails par rapport à la valeur spécifiée ne doivent pas être supérieurs à ± 5 mm, pour $s \leq 16$ m ou $\pm [5 + 0,25(s-16)]$, pour $s > 16$ m.

Les relevés de nivellement et d'écartement finaux sont établis. Les mesures de nivellement sont effectuées au droit de chaque poteau.

2.10.5 MENUISERIE ET SERRURERIE

Il faut entendre par serrurerie, des ouvrages tels que : garde-corps, volées d'escaliers, passerelles, échelles, châssis, portes... réalisés par assemblage de profilés et de tôles d'acier.

Ces ouvrages sont construits selon les normes existantes, conformément à la réglementation en vigueur.

Les prescriptions énoncées au paragraphe 2.10.3 s'appliquent pour l'exécution de la serrurerie compte tenu des modifications suivantes :

- la qualification des modes opératoires de soudage n'est pas exigée,
- les soudeurs et les opérateurs sont qualifiés suivant la norme NF EN 287-1,
- seul l'examen visuel est effectué pour le contrôle des soudures ; toutes les soudures sont examinées, les tolérances admissibles sont celles de la classe de qualité intermédiaire de la norme NF P 22-471.

Les caillebotis utilisés sont de type galvanisé à chaud. A la mise en place ils sont rendus solidaires de l'ossature support ; en cas de fixation par soudage, les points de soudures sont peints.

Toutes dispositions sont prises pour monter les escaliers et les garde-corps, pour poser les caillebotis, les éléments de tôles à larmes, les marches, etc. en même temps que l'exécution de la charpente support.

Dans tous les cas, les tôles à larmes sont pointées sur l'ossature support et les points de soudure sont peints.

2.10.6 REVETEMENT DE PROTECTION DES CHARPENTES, MENUISERIES OU SERRURERIES METALLIQUES

REDACTION RESERVEE (Définition et critères d'acceptation des éventuels essais fonctionnels en fonctionnement normal et accidentel)

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTG C 070054	Indice A	Page 116/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.11 APPUIS PARASISMIQUES

REDACTION RESERVEE

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 117/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.12 REVETEMENT COMPOSITE D'ETANCHEITE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT DU BR

REDACTION RESERVEE

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE EDTGC 070054	Indice A	Page 118/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.13 CALFEUTREMENT DE JOINTS

2.13.1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce paragraphe 2.13 s'applique aux joints linéaires des structures de génie civil.

Il ne prend pas en compte :

- les joints de traversées (pour l'accès matériel, l'accès personnel, les tuyauteries, les cheminements de câbles...) des structures,
- les joints de portes, de fenêtres, de sas,
- les joints de galeries.

Le « joint linéaire » est un espace laissé libre entre deux éléments de structures génie-civil.

Ces joints ont pour objet :

- de limiter la fissuration dans les structures en béton,
- d'éviter des désordres, soit par suite de variation de température, soit par suite de mouvements différentiels entre deux ouvrages, soit par suite de vibrations, de secousses sismiques, ou de chocs,
- ...

La fonction "étanchéité à l'eau" est recherchée au niveau des calfeutrements des joints. Cette fonction est normalement assurée soit par un garnissage à l'aide de mastic, soit par lames scellées ou rapportées, soit par incorporation d'un profilé hydro-expansif.

2.13.2 PRINCIPE

Associé aux corps des structures en béton, le calfeutrement des joints contribue à une triple protection :

- dans un sens, parer au cheminement de tout produit radioactif vers la nappe phréatique à protéger (FIS : confiner les produits radioactifs),
- dans le sens contraire, parer à la pénétration des eaux extérieures (eaux souterraines, pluies, crues, inondations accidentelles...) dans les locaux des ouvrages de génie civil qui risque de provoquer la défaillance des équipements ou, de façon générale, d'entraver la sûreté d'exploitation de l'installation RJH (FIS : résister aux agressions externes),
- protéger les équipements importants pour la sûreté (EIS) en cas d'inondation interne (FIS : protéger et/ou supporter des EIS).

La localisation des joints à calfeutrer est issue d'une analyse de risques, dans l'ensemble des ouvrages de l'installation RJH, pour identifier la possible présence à leur niveau :

- des effluents contaminés, ou susceptibles d'être contaminés, se trouvant sur le site,
- des liquides de provenance extérieure aux ouvrages,
- des liquides provenant de l'intérieur des locaux.

Le calfeutrement de joint assure l'étanchéité, vis-à-vis de tous les liquides pouvant se présenter au niveau du joint, tout au long de la durée de vie de l'installation RJH, dans les situations de fonctionnements normal et accidentel de dimensionnement (événement sismique, incendie, inondations externe et interne).

Pour garantir la pérennité de la fonction d'étanchéité, le calfeutrement de joint doit :

- présenter des propriétés de tenue aux agressions mécaniques, thermiques et chimiques,
- être inspectable,
- être apte à être réparé.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 119/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.13.3 QUALIFICATION DES PRODUITS ET DU PROCEDE

Les calfeutrements de joint sont classés par « systèmes » dont le choix est déterminé par l'environnement du calfeutrement et les fonctions à remplir par le système (propriétés « nucléaires » éventuelles, mode et fréquence d'application des sollicitations, taux de déformation, pression appliquée, nature des lèvres, largeur du joint et propriétés spécifiques supplémentaires éventuelles).

Les essais de qualification des matériaux et des produits sont définis en fonction :

- de la localisation du joint, associée à son mode de fonctionnement,
- des conditions extrêmes de la mise en œuvre,
- des exigences mécaniques (et hydro-mécaniques), thermiques, chimiques (répondant au principe cité au paragraphe 2.13.2),
- des conditions de maintenance (exemple : périodicité de changement, si la durée de vie est courte),
- des conditions spécifiques de l'installation RJH.

La qualification du procédé de mise en œuvre se base sur des essais de mise en œuvre en grandeur nature. Il permet de :

- vérifier que la mise en œuvre du calfeutrement est compatible avec l'environnement des structures et des équipements de proximité,
- établir le contrôle de la réalisation sur site,
- établir les paramètres permettant de prononcer l'acceptation de la réalisation,
- établir les procédures d'inspection et de suivi dans la durée,
- établir les procédures de maintenance.

2.13.4 TYPES DE CALFEUTREMENTS CONCERNES

- Traitement par lames d'étanchéité

Les lames d'étanchéité (armée ou non) peuvent être scellées, fixées mécaniquement ou collées. Il s'agit essentiellement des lames d'étanchéité suivantes :

- scellées dans le béton ou incorporées au moment du coulage,
- rapportées avec ou sans armature, fixées mécaniquement ou collées,
- soudées à des plats prescellés.

- Traitement par garnissage à l'aide de mastic

Le mastic de calfeutrement doit pouvoir s'adapter aux variations dimensionnelles du joint compte tenu de la fonctionnalité de ce dernier (dilatation, fractionnement, tassement, environnement). La reprise élastique est déterminée selon la norme NF EN ISO 7389.

a) Les mastics élastomères

Ils possèdent sous l'action des déformations un comportement essentiellement élastique et résistent à des déformations importantes.

b) Les mastics plastiques

Ils possèdent un comportement les rapprochant des corps purement plastiques. Les contraintes rémanentes induites dans le mastic et qui résultent du mouvement du joint disparaissent rapidement.

- Traitement par incorporation d'un profilé hydro-expansif

Un profilé hydro-expansif est un profilé d'étanchéité manufacturé combinant les propriétés mécaniques des bandes d'arrêt d'eau traditionnelles au caractère hydro-gonflant du matériau. Deux types sont retenus :

- ceux dits de construction ou joints internes,
- ceux de fonctionnement ou joints actifs.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE ED T G C 070054	Indice A	Page 120/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.13.5 APTITUDE A L'EMPLOI

L'aptitude à l'emploi d'un système de calfeutrement de joint doit être justifiée par des essais et documents en fonction des critères déterminants liés au fonctionnement du joint.

- Essais d'identification effectués par les fabricants et figurant sur les fiches techniques

REDACTION RESERVEE

- Essais fonctionnels

REDACTION RESERVEE (définition et critères d'acceptation des éventuels essais fonctionnels en fonctionnement normal et accidentel)

2.13.6 CONTROLE DE REALISATION SUR SITE

- Préalable à l'exécution
 - Certificat de qualification professionnelle.
 - Suivi de la qualification du personnel chargé de la mise en œuvre.
 - Procédures de mise en œuvre.
 - Dossier d'exécution et adéquation des systèmes de calfeutrement aux fonctionnements des joints.
- Réception des produits
 - Réception et vérification des produits livrés.
 - Prélèvements et essais pour vérifier la conformité des matériaux par rapport au système qualifié (Caractéristiques d'Identification Rapide).
 - Stockage permettant la bonne conservation des produits sur le site suivant les termes des fiches techniques.
- Réalisation

Préparation de surface des lèvres de joint ou zones de contact

- Conservation du profil de joint, avec préparation de surface par toute technique appropriée : brossage et nettoyage manuel, ponçage traditionnel, procédés de décapage.
- Reprofilage par :
 - apport de matériau (ponctuel ou généralisé sur le linéaire du profil)
 - sciage mécanique du matériau en place
 - scellement de cornières d'angle ou plats métalliques.
- Les profils de joint immergés doivent faire l'objet d'un pompage et d'un assèchement.

La fin de cette phase « préparation » fait l'objet d'un contrôle.

Contrôle en cours d'application

Traitement par garnissage de mastic

L'application du système comprend en général successivement :

- la mise en œuvre d'un fond de joint,
- l'application d'un primaire assurant l'adhérence avec le subjectile,

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 121/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- la mise en œuvre du mastic.

Au cours de l'application sont particulièrement contrôlés :

- la tenue du fond de joint et sa profondeur,
- la qualité des mélanges des composants des mastics (si bi-composants) et le respect de leur Durée Pratique d'Utilisation,
- le temps de recouvrement avec le primaire,
- le remplissage du joint et le serrage du mastic.

Une protection mécanique doit protéger les calfeutrements mastics. Elle doit être installée dès que la réticulation du mastic est effective (suivant les fiches techniques des fabricants).

Traitement par lames d'étanchéité

La mise en œuvre d'une lame d'étanchéité doit faire l'objet des actions suivantes :

- vérification de l'intégrité et du positionnement de la lame avant bétonnage ou scellement,
- vérifier que pour chaque vulcanisation à chaud, le délai maximal indiqué sur le procès-verbal n'a pas été dépassé,
- s'assurer qu'une protection mécanique protège la lame des intempéries, des ultraviolets et toutes autres agressions avant et pendant le bétonnage (pour les lames scellées),
- contrôle de l'Oméga (tension de la lame) pour les lames rapportées avec armatures,
- vérifier la date de péremption de la colle et contrôler l'encollage (pour les lames collées).
- contrôler la mise en œuvre et la compacité du béton au droit des lames.

Traitement par incorporation d'un profilé hydro-expansif

La mise en œuvre implique les mêmes actions que celles définies pour les lames d'étanchéité avec en complément la vérification de la protection de la matière hydro-gonflante (qui empêche l'absorption d'eau prématurée).

Contrôle final

Un contrôle final de fin de travaux est systématiquement réalisé comprenant :

- la vérification de la finalisation et de la complétude des dossiers d'exécution,
- les essais à définir suivant la nature du calfeutrement et sa fonction suivant la liste indicative ci-après :
 - des mesures de dureté Shore A,
 - des contrôles d'adhésivité par application de pressions manuelles,
 - des prélèvements éventuels afin de vérifier la présence du fond de joint, les performances mécaniques du matériau, les épaisseurs de produit,
 - un contrôle visuel général de l'aspect des calfeutrements (fixation métallique, présence d'Oméga, intégrité),
 - etc ...

2.13.7 PERENNITE DES CALFEUTREMENTS : SUIVI FONCTIONNEL ET VIEILLISSEMENT

REDACTION RESERVEE (programme d'inspection et programme d'essais)

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE ED T G C 070054	Indice A	Page 122/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

2.14 TOPOGRAPHIE, TOLERANCES ET AUSCULTATION

2.14.1 UNITES DE REFERENCES TOPOGRAPHIQUES

Il existe 3 unités de référence topographique :

- le canevas primaire,
- le canevas secondaire,
- le microcanevas.

2.14.1.1 Canevas primaire

En application du décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000, un ensemble de repères défini :

- dans le système de projection Lambert 93, pour la planimétrie,
- dans le système de référence altimétrique IGN 69, pour l'altimétrie.

est mis en place avant les travaux de terrassement.

Il forme " le canevas primaire ".

En planimétrie, l'écart-type d'un point quelconque du canevas primaire par rapport au canevas national dépend de la valeur des points IGN qui ont servi à son rattachement : il peut varier de 2 à 20 cm. L'écart-type entre 2 points consécutifs du canevas primaire est de ± 2 cm.

En altimétrie, l'écart-type d'un point du canevas dépend de la distance L au repère NGF le plus proche : il est généralement de $\pm 1 \sqrt{L}$ cm (L étant exprimé en km).

Le canevas primaire constitue la référence des travaux de terrassement.

2.14.1.2 Canevas secondaire

2.14.1.2.1 Le système local

Le système de projection Lambert 93 est un système national adapté à la dimension du territoire. Si la conservation des angles est réalisée, il n'en est pas de même des longueurs qui subissent une altération.

Pour pallier cet inconvénient, un système local de coordonnées est défini dès que la position des ouvrages est connue.

Une formule de transformation permet de passer du système Lambert 93 au système local et inversement. Celle-ci est valable pour le site ou sa proximité immédiate.

2.14.1.2.2 Définition

Avant le début des travaux de Génie Civil, un système de repères topographiques, appelé " canevas secondaire ", est mis en place. Il est déterminé :

- dans le système local, en planimétrie,
- dans le système altimétrique IGN 69, en altimétrie,

L'écart-type entre 2 points consécutifs du canevas secondaire est de ± 2 mm en planimétrie et en altimétrie.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 123/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

Le canevas secondaire comporte :

- 3 pieux ou piliers réputés fixes qui constituent la base du système,
- quelques piliers pouvant subir des variations de coordonnées au cours de la construction,
- une référence altimétrique unique généralement disposée sur l'un des pieux et contrôlable par les autres points de la base.

Les 3 piliers de référence constituent le repère contractuel jusqu'à la notification du microcanevas.

2.14.1.3 Microcanevas

Pendant la construction de chaque bâtiment, un système de repères appelé " microcanevas " est mis en place. Il est constitué :

- d'un ensemble de repères sur le radier de l'ouvrage, à savoir :
 - plusieurs repères définis en coordonnées planimétriques (écart-type entre 2 points consécutifs de ± 2 mm),
 - une référence altimétrique unique pour l'ouvrage (écart-type de ± 2 mm par rapport à la référence altimétrique du chantier (point fixe)),
- des repères situés à l'aplomb des précédents, au niveau des différents planchers, mis en place à l'aide de fourreaux traversant les planchers.

Il constitue la référence contractuelle des travaux de génie-civil.

Le microcanevas est complété dans chaque local par un système appelé " DRT " constituant la référence pour l'implantation des matériels et des équipements.

Ce système est constitué :

- de 4 repères définissant deux à deux un axe X et un axe Y dans chaque local ;
- un repère altimétrique situé à proximité du local.

L'écart-type entre un repère DRT de planimétrie et le microcanevas du bâtiment est de ± 4 mm.

L'écart-type entre un repère DRT d'altimétrie et la référence altimétrique du bâtiment est de ± 2 mm.

2.14.2 TOLERANCES D'EXECUTION

Par tolérance d'exécution, il faut entendre les tolérances tenant compte des écarts inhérents aux opérations topographiques d'implantation et des écarts imputables à l'exécution elle-même.

Les tolérances portent sur l'écart admissible de la valeur spécifiée d'une dimension, d'une position ou d'un état de surface.

Trois types de tolérance d'exécution sont à distinguer :

- a) La tolérance absolue : tolérance sur la position absolue (X,Y,Z) d'un axe d'ouvrage ou d'une partie quelconque d'un ouvrage par rapport à une " unité de référence topographique ".

Pour les ouvrages indépendants, à savoir : ouvrages isolés sans liaison dimensionnelle impérative avec d'autres ouvrages ou installations, l'unité de référence topographique fait partie d'un canevas dit " primaire " connu dans le système de projection LAMBERT 93, pour la planimétrie, et le système altimétrique IGN 69, pour l'altimétrie.

Pour les ouvrages connexes, c'est-à-dire nécessitant une liaison dimensionnelle impérative avec un ou plusieurs autres ouvrages ou installations, l'unité de référence topographique fait partie d'un canevas dit " secondaire " déterminé dans un système de coordonnées locales et rattaché au canevas primaire.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 124/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

- b) La tolérance relative : tolérance sur la position relative (X,Y,Z) d'une partie quelconque d'un ouvrage par rapport à une " unité de référence topographique " liée à cet ouvrage.
Cette " unité de référence topographique " fait partie d'un " microcanevas " mis en place sur l'ouvrage même et défini par rapport au canevas primaire ou secondaire.
- c) La tolérance élémentaire : tolérance sur :
- une dimension, l'orientation, l'inclinaison ou l'état de surface nécessitant une précision supérieure à celle donnée par les tolérances absolues ou relatives,
 - les positions, les unes par rapport aux autres, de matériels ou parties d'ouvrages.

La tolérance élémentaire est unidimensionnelle : elle ne se réfère à aucune unité de référence topographique.

Le tableau ci-après résume les définitions précédentes :

Types d'ouvrages	Type de tolérance à considérer	Origine de l'unité de référence topographique
Ouvrages indépendants	absolue	canevas primaire
	élémentaire	pas d'unité de référence topographique
Ouvrages connexes	absolue	canevas primaire ou secondaire
	élémentaire	pas d'unité de référence topographique
Structures internes de l'ouvrage	relative	microcanevas
	élémentaire	pas d'unité de référence topographique

Les tolérances d'exécution à ne pas dépasser, dans des conditions normales d'exécution, sont données dans le tableau ci-après.

2.14.3 AUSCULTATION ALTIMETRIQUE

Chaque ouvrage est équipé d'un ensemble de repères laissés en place pendant l'exploitation et permettant de mesurer l'évolution des déplacements et des déformations du radier.

La fréquence de mesure est, en général, trimestrielle en cours de construction, et annuelle, en cours d'exploitation.

Cependant, la périodicité est adaptée en fonction des mouvements prévisibles ou observés.

Cet ensemble est complété par des mesures de déplacements différentiels entre bâtiments et de basculement de radiers.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070054	Indice A	Page 125/130
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

TABLEAU DES

TOLERANCES D'EXECUTION

(pour des conditions d'exécution normales)

(6 pages)

RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »

NATURE DES TRAVAUX	ABSOLUES				RELATIVES		ELEMENTAIRES
	Ouvrages indépendants		Ouvrages connexes		Structures internes		
	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	mesures verticales plage de tolérance + ou -	
Travaux de reconnaissance							
- piézomètres	20 cm	2 cm					
- sondages	20 cm	10 cm					
- profils sismiques	20 cm	20 cm					
- mesures gravimétriques	20 cm	2 cm					
- échelles limnigraphes	1 m	5 cm					
Terrassements à l'air libre							
- déblais rocheux (ligne A)							Dans le cas d'excavations revêtues une tolérance élémentaire de la ligne A par rapport au profil retenu de l'ouvrage peut être exigée en fonction de la tolérance fixée pour l'épaisseur du revêtement.
- sans prédécoupage (1)	20 cm	15 cm			15 cm	10 cm	
- avec prédécoupage	15 cm	10 cm			10 cm	5 cm	
- remblais rocheux (profil réalisé)	15 cm	10 cm					
- déblais et remblais en terrain meuble (ligne A ou profil réalisé)	10 cm	5 cm					
Terrassements en souterrain							
- déblais rocheux (ligne A)							Tolérances sur la distance du profil réalisé (ou ligne A) à l'axe implanté après terrassement : ± 3 cm.
- sans prédécoupage (1)	20 cm (2)	15 cm			15 cm (3)	10 cm (3)	
- avec prédécoupage	15 cm (2)	10 cm			10 cm (3)	5 cm (3)	
- à la machine foreuse à pleine section	12 cm (2)	10 cm					

(1) Avec réglage de surface, ou emploi de la technique du découpage soigné.

(2) Si la longueur de la galerie (L en km) est > 5 km, la tolérance applicable dans des conditions d'exécution normales est majorée de la valeur en cm donnée par l'expression : $(L-5)^{1/2}$

(3) S'applique aux grandes excavations (usine souterraine).

EDF Ceindre	ETUDE TECHNIQUE EDT GC 070054	Indice A	Page 127/130
------------------------------	--	---------------------------	-------------------------------

RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »

NATURE DES TRAVAUX	ABSOLUES				RELATIVES		ELEMENTAIRES
	Ouvrages indépendants		Ouvrages connexes		Structures internes		
	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	mesures verticales plage de tolérance + ou -	
Plates-formes - Chaussées - Terre-pleins - Chaussées	10 cm 5 cm	5 cm 3 cm					Les flèches mesurées à la règle de 3 m ne doivent pas excéder : - couche de fondation : 2 cm - couche de base : 1 cm - couche de roulement : 1 cm
Forage dans le terrain	20 cm	10 cm			5 cm	3 cm	La déviation des forages ne doit pas excéder 3 % de leur longueur.
Pieux, parois moulées, palplanches - Fondations d'ouvrage - Parois étanches	5 cm 10 cm	3 cm (1) 5 cm (1)			3 cm	2 cm	Dans le cas de fondation d'ouvrage la déviation des éléments verticaux tels que pieux, parois moulées, palplanches... ne doit pas excéder 1 % de leur longueur. Cette tolérance est portée à 4,5% dans le cas de pieux ou de palplanches inclinées. Dans le cas de paroi étanche, la continuité de la paroi doit être assurée.
Ouvrages en béton (2) - Bétons de 1 ^{ère} phase (3), pièces noyées, traversées réalisées au bétonnage (4) - Bétons de 2 ^{ème} phase (3), traversées par forage	5 cm	3 cm	3 cm	2 cm	2 cm (5) 1 cm (5)	1 cm (5) 0,5 cm (5)	Pour les revêtements de galerie, puits ou autre excavation, la tolérance sur la distance du profil réalisé (ou ligne R) au profil implanté après terrassement est \pm 2 cm. Pour les platines et les traversées (fourreaux et viroles), la tolérance de verticalité ou d'horizontalité est de 1 %, avec un désaxement maximum de 1 cm.

(1) En tête de l'ouvrage.

(2) Pour les ouvrages constitués d'éléments préfabriqués, les tolérances et définitions de parement s'appliquent comme si l'ouvrage était réalisé en place.

(3) Les critères d'acceptation des parements (défauts de planéité et de forme, texture) sont définis au paragraphe 2.3.1.

(4) Tolérances sur la position du centre et des extrémités des fourreaux et viroles.

(5) Cette tolérance pourra être augmentée dans le cas de traversées ne nécessitant pas un positionnement très précis (traversées électriques par exemple).

EDF Ceindre	ETUDE TECHNIQUE EDT GC 070054	Indice A	Page 128/130
------------------------------	--	---------------------------	------------------------

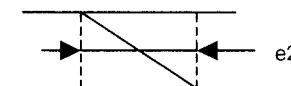
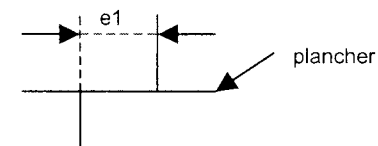
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »

NATURE DES TRAVAUX	ABSOLUES				RELATIVES		ELEMENTAIRES
	Ouvrages indépendants		Ouvrages connexes		Structures internes		
	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	altimétrie plage de tolérance + ou -	planimétrie r indécision	mesures verticales plage de tolérance + ou -	
Conduites de gros diamètre	5 cm	3 cm			1 cm	0,5 cm (1)	
Consoles du pont polaire (2)	5 cm	3 cm			2 cm	1 cm	Tous les points de la platine horizontale supérieure seront compris entre deux plans horizontaux distants de 1,5 cm.
Structures et matériels							
- pièces scellées					1 cm (3)	0,5 cm (3)	Les tolérances élémentaires applicables aux charpentes métalliques et poutres des chemins de roulement sont données dans le chapitre 2.10.
- grosses charpentes métalliques (4)	3 cm	2 cm	3 cm	2 cm	2 cm	1 cm	
- petites charpentes métalliques, serrurerie					1 cm	0,5 cm	

- (1) Axe aux raccordements avec les autres fournitures.
(2) Tolérances sur la position de la platine horizontale sur laquelle sera fixé le rail.
(3) Valeur supérieure des tolérances des pièces scellées.
(4) Tolérance de positionnement d'un élément déterminé par rapport à l'unité de référence.

RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »

NATURE DES TRAVAUX	ELEMENTAIRES
Murs et poteaux	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Dimension linéaire principale</u> : $e_0 \leq 0,25 \sqrt[3]{db}$ Avec : db = dimension théorique exprimée en centimètres e₀ n'est jamais inférieur à 0,5 cm ni supérieur à 3 cm - <u>Excentrement maximal</u> entre deux murs ou deux poteaux qui doivent se superposer : $e_1 \text{ (cm)} \leq \frac{1}{15} e_{\min} \text{ avec } e_{\min} = \text{plus petite épaisseur des deux éléments}$ <p>(1) $\left\{ \begin{array}{l} e_1 \leq 3 \text{ cm} \end{array} \right.$</p> - <u>Verticalité</u> : cumul des tolérances sur la hauteur d'un mur ou d'un poteau $e_2 \text{ (cm)} \leq \frac{1}{15} e \text{ avec } e = \text{épaisseur de l'élément}$ <p>(1) $\left\{ \begin{array}{l} e_2 \leq 0,5 \text{ cm par mètre de hauteur entre plancher ou extrémité.} \end{array} \right.$</p> <p>Avec e₂ = écart entre l'axe du mur théorique et un point quelconque du plan axial exécuté.</p>
Dalles ou prédalles préfabriquées	<ul style="list-style-type: none"> - Rectitude des bords par rapport à la droite joignant leurs extrémités : $\pm 0,5 \text{ cm}$



(1) Retenir la valeur la plus sévère des deux.

EDF Ceindre	ETUDE TECHNIQUE EDT GC 070054	Indice A	Page 130/130
------------------------------	--	---------------------------	------------------------

RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »

NATURE DES TRAVAUX	ELEMENTAIRES
Armatures de béton armé	<ul style="list-style-type: none"> - la tolérance en moins sur l'enrobage minimal est nulle (1), - la tolérance sur l'enrobage nominal est de $\pm 1,5$ cm, cette tolérance est ramenée à ± 1 cm pour les éléments préfabriqués (1), - pour les armatures parallèles dont l'espacement est au plus égal à 10 cm, la tolérance sur cet espacement est fixée à ± 1 cm, - dans les autres cas, la tolérance est de ± 2 cm dans toutes les directions.
Conduits de précontrainte	<ul style="list-style-type: none"> - Conduits verticaux : le positionnement des tubes se fait à partir de tubes repères verticaux régulièrement répartis sur la circonférence <ul style="list-style-type: none"> • Tubes repères : > Sens radial et tangentiel : position théorique $\pm 1,5$ cm • Autres tubes : > Sens radial : position théorique par rapport au coffrage $\pm 1,5$ cm > Sens tangentiel : <ul style="list-style-type: none"> - Distance curviligne horizontale entre conduits : écartement théorique $\pm 2,5$ cm - Position d'un conduit par rapport au tube repère le plus proche : cote curviligne théorique ± 5 cm - Conduits horizontaux : <ul style="list-style-type: none"> • Sens radial : position théorique $\pm 1,5$ cm • Sens vertical : les critères sont les suivants : <ul style="list-style-type: none"> - les niveaux des centres de gravité des sections transversales d'un même tronçon horizontal de conduit doivent être situés entre deux plans horizontaux distants de 4 cm, - le niveau moyen des centres de gravité des sections transversales d'un conduit doit être situé à $\pm 2,5$ cm de la position théorique indiquée sur les plans. - Conduits du dôme : <ul style="list-style-type: none"> • Sens radial : position théorique $\pm 1,5$ cm • Sens tangentiel : <ul style="list-style-type: none"> - Distance curviligne horizontale entre conduits : écartement théorique $\pm 2,5$ cm - Position d'un conduit par rapport aux axes des familles de câbles : cote curviligne théorique ± 5 cm

(1) L'enrobage minimal et l'enrobage nominal sont définis dans la partie conception.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 1/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

ANNEXE 1

LISTE DES DOCUMENTS CITES EN PARTIE 2 : CONSTRUCTION DU RCCG-RJH

Fascicules interministériels

Fascicule n°4 – Titre II : Cahier des Clauses Techniques Générales des marchés publics de travaux : Fournitures d'aciers – Armatures à haute résistance pour construction en béton précontraint (décret 83-252 du 29 mars 1983 modifié par décret 2000-852 du 31 août 2000) complété par les annexes au règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées protégées (arrêté du 20 avril 1988) et au règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte (arrêté du 13 avril 1989), modifiées et approuvées par le Président de la Commission, sur proposition de la Commission Interministérielle de la Précontrainte en date du 27 février 1996

Circulaire n°94-33 du 19 avril 1994 apportant des compléments à la réglementation de la mise en œuvre de la précontrainte (coefficient de transmission)

Circulaire n°99-54 du 20 août 1999 instituant un avis technique des coulis d'injection pour conduits de précontrainte, délivré par la Commission Interministérielle de Précontrainte

Décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n°95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics

Normes

Si à la date de diffusion du recueil les normes utilisées dans les présentes règles sont toujours à l'état de projet, les exigences des normes nationales équivalentes en vigueur qui ne sont pas contraires à celles du présent document doivent être satisfaites.

Les normes qui apparaissent en italique dans le tableau qui suit ont fait l'objet d'une modification ou d'une annulation dont l'impact sur le texte du RCCG-RJH est en étude réservée. La date d'édition correspond à la version cohérente avec le texte.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 2/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

A 35-512	06/86	Recommandations quant à la mise en œuvre et à l'emploi des produits grenailés et peints de façon automatique
A 88-111	12/92	Soudage - Qualification des soudeurs et des opérateurs
ASTM C457	1998	Microscopical determination of parameters of the air-void system in hardened concrete
DIN 6914	10/89	Vis à tête hexagonale à serrage contrôlé pour construction métallique à surplats, série large
DIN 6915	12/99	Ecrous hexagonaux à serrage contrôlé pour construction métallique à surplats, série large
DIN 6916	10/89	Rondelles rondes pour vis à serrage contrôlé pour construction métallique
FD A 35-029	09/99	Armatures pour béton armé – Assemblages soudés – Qualification d'un mode opératoire de soudage. Qualification des soudeurs.
FD P 22-474	03/96	Construction métallique – assemblages soudés - Guide de choix de la classe de qualité
NF A 35-015	10/96	Armatures pour béton armé – Ronds lisses soudables
NF A 35-016	10/96	Armatures pour béton armé – Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500 – Treillis soudés constitués de ces armatures
NF A 35-020-1	07/99	Produits en acier – Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé – Partie 1 : Prescriptions relatives aux performances mécaniques.
NF A 35-020-2	07/99	Produits en acier – Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé – Partie 2 : Méthodes d'essai
NF A 35-024	02/98	Aciers pour béton – Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm
NF A 35-027	01/03	Produits en acier pour béton armé - Armatures
NF A 35-503	11/94	Produits sidérurgiques – Aciers pour galvanisation par immersion à chaud
NF E 27-701	10/84	Boulons à serrage contrôlé destinés à l'exécution des constructions métalliques – Spécifications techniques – Conditions de commande, de contrôle et de livraison.
NF E 27-702	10/84	Boulons à serrage contrôlé destinés à l'exécution des constructions métalliques – essai d'aptitude à l'emploi des boulons
NF E 27-711	10/82	Boulonnerie à serrage contrôlé destinée à l'exécution des constructions métalliques – Boulons à tête hexagonale – Dimensions et tolérances
NF E 52-121	11/79	Levage et manutention – Ponts roulants – Construction et installation
NF EN 10002-1	10/01	Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1 : méthode d'essai à température ambiante
NF EN 10021	03/07	Conditions générales techniques de livraison des produits en acier
NF EN 10025-1	03/05	Produits laminés à chaud en aciers de construction- Partie 1 : conditions techniques générales de livraison
NF EN 10025-2	03/05	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 2 : conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés
NF EN 10025-3	03/05	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 3 : conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins à l'état normalisé/laminage normalisé
NF EN 10025-4	03/05	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 4 : conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins obtenus par laminage thermomécanique

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 3/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

NF EN 10025-6	03/05	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 6 : conditions techniques de livraison pour produits plats des acier à haute limite d'élasticité à l'état trempé et revenu
NF EN 10029	09/91	Tôles en acier laminées à chaud, d'épaisseur égale ou supérieure à 3 mm – Tolérances sur les dimensions
NF EN 1008	07/03	Eau de gâchage pour bétons
NF EN 10088-2	09/05	Aciers inoxydables - Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général
NF EN 10160	12/99	Contrôle ultrasonore des produits plats en acier d'épaisseur égale ou supérieure à 6 mm (méthode par réflexion)
NF EN 10163-1	05/05	Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles larges-plats et profilés en acier laminés à chaud - Partie 1 : généralités
NF EN 10163-2	05/05	Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles, larges-plats et profilés en acier laminés à chaud - Partie 2 : tôles et larges-plats
NF EN 10163-3	05/05	Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles, larges-plats et profilés en acier laminés à chaud - Partie 3 : profilés
NF EN 10164	05/05	Aciers de construction à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit – Conditions techniques de livraison
NF EN 10204	01/05	Produits métalliques – Types de documents de contrôle
NF EN 10210-1	07/06	Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins – Conditions techniques de livraison.
NF EN 10216-2	12/02	Tubes sans soudure en acier pour service sous pression - Conditions techniques de livraison - Partie 2 : tubes en acier non allié et allié avec caractéristiques spécifiées à température élevée
NF EN 10216-2/A1	10/04	
NF EN 10219-1	08/06	Profils creux pour la construction formés à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins – Conditions techniques de livraison.
NF EN 10224	04/03	Tubes et raccords en acier non allié pour le transport de liquides aqueux, incluant l'eau destinée à la consommation humaine – Conditions techniques de livraison
NF EN 10238	12/96	Produits en aciers de construction grenailés et prépeints par traitement automatique
NF EN 10306	09/02	Produits sidérurgiques – Contrôle par ultrasons des poutrelles à larges ailes à face parallèles et des poutrelles IPE
NF EN 12350-2	12/99	Essais pour béton frais – Partie 2 : essais d'affaissement
NF EN 12350-5	12/99	Essais pour béton frais – Partie 5 : essai d'étalement à la table à choc
NF EN 12350-7	03/01	Essais pour béton frais – Partie 7 : teneur en air – Méthode de la compressibilité
NF EN 12390-3	02/03	Essais pour béton durci – Partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes
NF EN 12390-6	10/01	Essais pour béton durci – Partie 6 : Résistance en traction par fendage d'éprouvettes
NF EN 12390-7	09/01	Essais pour béton durci – Partie 7 : Masse volumique du béton durci
NF EN 12062	10/97	Contrôle non destructif des assemblages soudés - Règles générales pour les matériaux métalliques
NF EN 12062/A1	06/03	
NF EN 12062/A2	07/04	
NF EN 1291	08/98	Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par magnétoscopie des soudures
NF EN 1291/A1	12/02	
NF EN 1291/A2	07/04	
NF EN 1418	03/98	Personnel en soudage - Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs pour le soudage par fusion et des régleurs en soudage par résistance pour le soudage totalement mécanisé et automatique des matériaux métalliques

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 4/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

NF EN 1435	10/97	Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par radiographie des assemblages soudés.
NF EN 1435/A1	06/03	
NF EN 1435/A2	07/04	
NF EN 1593	11/99	Essais non destructifs - Contrôle d'étanchéité - Contrôle à la bulle
NF EN 1593/A1	07/04	
NF EN 1597-1	10/97	Produits consommables pour le soudage - Méthodes d'essai - Partie 1 : assemblage d'essai d'éprouvettes prélevées dans le métal fondu hors dilution pour le soudage de l'acier, du nickel et des alliages de nickel
NF EN 1597-2	10/97	Produits consommables pour le soudage - Méthodes d'essai - Partie 2 : préparation de l'assemblage d'essai pour la réalisation d'éprouvettes de soudage en une ou deux passes, en acier
NF EN 1597-3	10/97	Produits consommables pour le soudage - Méthodes d'essai - Partie 3 : évaluation de l'aptitude des produits consommables à la réalisation de soudures d'angle en position
NF EN 1714	10/97	Contrôle non destructif des assemblages soudés - Contrôle par ultrasons des assemblages soudés
NF EN 1714/A1	12/02	
NF EN 1714/A2	07/04	
NF EN 1744-1	09/98	Essais pour déterminer les propriétés chimiques des granulats. Partie 1 : Analyse chimique.
NF EN 196-1	04/06	Méthodes d'essai des ciments – Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques
NF EN 196-2	04/06	Méthodes d'essai des ciments. Partie 2 : Analyse chimique des ciments.
NF EN 196-3	04/06	Méthodes d'essai des ciments – Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité
NF EN 196-6	08/90	Méthodes d'essai des ciments – Partie 6 : Détermination de la finesse
NF EN 196-7	08/90	Méthodes d'essai des ciments – Partie 7 : Méthodes de prélèvement et d'échantillonnage du ciment
NF EN 196-9	09/04	Méthodes d'essai des ciments – Partie 9 : Chaleur d'hydratation – Méthode semi-adiabatique
NF EN 197-1	02/01	Ciment – Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants
NF EN 206-1	04/04	Béton – Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité.
NF EN 20898-2	03/94	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation – Partie 2 : écrous avec charges d'épreuve spécifiées – Filetage à pas gros
NF EN ISO 14-344	08/05	Soudage et techniques connexes - Procédés de soudage électrique sous protection gazeuse et par flux - Lignes directrices relatives à l'approvisionnement en produits consommables
NF EN ISO 6789	09/03	Outils de manoeuvre pour vis et écrous - Outils dynamométriques à commande manuelle - Exigences et méthodes d'essai pour vérifier la conformité de conception, la conformité de qualité et la procédure de réétalonnage
NF EN 287-1	07/04	Épreuve de qualification des soudeurs - Soudage par fusion - Partie 1 : aciers
NF EN 288 (Parties 1 à 9)	06/92 à 08/99	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques
NF EN 451-2	12/94	Méthode d'essai des cendres volantes – Partie 2 : détermination de la finesse par tamisage humide.
NF EN 499	01/95	Produits consommables pour le soudage – Electrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers non alliés et des aciers à grain fin - Classification
NF EN 933-9	03/99	Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 9 : Qualification des fines. Essai au bleu de méthylène.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 5/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

NF EN 934-2	09/02	Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 2 : adjuvants pour bétons. Définitions et exigences.
NF EN 934-2/A1	05/05	
NF EN 934-2/A2	04/06	
NF EN ISO 1461	07/99	Revêtement par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux – Spécifications et méthodes d'essai
NF EN ISO 14632	03/99	Plaques extrudées en polyéthylène (PE-HD) - Prescriptions et méthodes d'essai
NF EN ISO 14713	07/99	Protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions – Revêtements de zinc et d'aluminium – Lignes directrices
NF EN ISO 4014	01/01	Vis à tête hexagonale partiellement filetés – Grades A et B
NF EN ISO 4016	01/01	Vis à tête hexagonale partiellement filetés – Grade C
NF EN ISO 4017	01/01	Vis à tête hexagonale entièrement filetés – Grade A et B
NF EN ISO 4018	01/01	Vis à tête hexagonale entièrement filetés – Grade C
NF EN ISO 4032	01/01	Ecrous hexagonaux, style 1 – Grades A et B
NF EN ISO 4033	01/01	Ecrous hexagonaux, style 2 – Grades A et B
NF EN ISO 4034	01/01	Ecrous hexagonaux – Grade C
NF EN ISO 5817	05/04	Soudage - Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) - Niveaux de qualité par rapport aux défauts
NF EN ISO 6947	04/97	Soudures - Positions de travail - Définitions des angles d'inclinaison et de rotation.
NF EN ISO 7089	10/00	Rondelles plates – Série normale – Grade A
NF EN ISO 7090	10/00	Rondelles plates, chanfreinées – Série normale – Grade A
NF EN ISO 7091	10/00	Rondelles plates – Série normale – Grade C
NF EN ISO 7389	05/04	Construction immobilière - Produits pour joints - Détermination de la reprise élastique des mastics
NF EN ISO 7438	11/05	Matériaux métalliques - Essai de pliage
NF EN ISO 898-1	12/99	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié – Partie 1 : Vis et goujons
NF EN ISO 9001	12/00	Systèmes de management de la qualité - Exigences
NF P 15-317	09/06	Liants hydrauliques – Ciments pour travaux à la mer
NF P 15-318	09/06	Liants hydrauliques – Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint
NF P 18-370	10/95	Adjuvants – Produits de cure pour bétons et mortiers – Définitions, spécifications et marquage.
NF P 18-404	12/81	Bétons – Essais d'étude, de convenance et de contrôle – Confection et conservation des éprouvettes
NF P 18-405	12/81	Bétons – Essais d'information – Confection et conservation des éprouvettes
NF P 18-502	05/92	Additions pour béton hydraulique – Fumées de silice.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 6/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

NF P 18-506	03/92	Additions pour béton hydraulique – Laitier vitrifié moulu de haut-fourneau
NF P 18-507	11/92	Additions pour béton hydraulique – Besoin en eau, contrôle de la régularité – Méthode par mesure de la fluidité par écoulement "au cône de Marsh".
NF P 18-508	07/95	Additions pour béton hydraulique – Additions calcaires – Spécifications et critères de conformité.
NF P 18-509	12/98	Additions pour béton hydraulique – Additions siliceuses – Spécifications et critères de conformité
NF P 18-802	10/92	Produits spéciaux destinés aux réparations, collages, injections, calages, scellements, applicables aux constructions en béton hydraulique - Contrôle sur chantier
NF P 22-250	06/78	Construction métallique – Assemblages soudés de profils creux circulaires avec découpes d'insertion – Conception et vérification des assemblages
NF P 22-251	06/78	Construction métallique – Assemblages soudés de profils creux circulaires avec découpes d'insertion – Dispositions constructives
NF P 22-252	09/78	Construction métallique – Assemblages soudés de profils creux circulaires avec découpes d'insertion – Compléments aux normes NF P 22-250 et NF P 22-251
NF P 22-255	12/79	Construction métallique – Assemblages soudés de profils creux ronds ou rectangulaires sur profils de type I et H – Conception et vérification
NF P 22-258	09/82	Assemblages soudés de profils creux sur profils creux rectangulaires soumis à un chargement statique – Conception et vérification
NF P 22-430	01/82	Construction métallique – Assemblage par boulons non précontraints – Dispositions constructives et calcul des boulons
NF P 22-431	04/78	Construction métallique – Assemblages par boulons non précontraints – exécution des assemblages
NF P 22-460	06/79	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Dispositions constructives et vérification des assemblages
NF P 22-461	08/79	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Détermination du coefficient conventionnel de frottement
NF P 22-462	10/78	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Usinage et préparation des assemblages
NF P 22-463	10/78	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Exécution des assemblages
NF P 22-464	05/91	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Programme de pose des boulons
NF P 22-466	06/79	Construction métallique – Assemblages par boulons à serrage contrôlé – Méthode de serrage et de contrôle des boulons
NF P 22-469	09/78	Construction métallique – assemblages par boulons à serrage contrôlé – Etalonnage des clés dynamométriques
NF P 22-470	08/89	Construction métallique - Assemblages soudés – Dispositions constructives et justification
NF P 22-471	03/84	Construction métallique - Assemblages soudés – Fabrication
NF P 22-472	10/94	Construction métallique – Assemblages soudés - Qualification d'un mode opératoire de soudage
NF P 22-473	08/86	Construction métallique – Assemblages soudés - Etendues des contrôles non destructifs
NF P 22-800	09/81	Préparation des pièces en atelier
NF P 93-350	06/95	Equipement de chantier – Banches industrialisées pour ouvrages en béton.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 7/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

NF P 94-110-1	01/00	Sols : reconnaissance et essais – Essai pressiométrique Menard – partie 1 essai sans cycle
NF P 94-112	11/91	Sols : reconnaissance et essais – Essai scissométrique en place
NF P 94-113	10/96	Sols : reconnaissance et essais – Essai de pénétration statique
NF P 94-114	12/90	Géotechnique - Sols : reconnaissance et essais – Essai de pénétration dynamique type A
NF P 94-115	12/90	Géotechnique - Sols : reconnaissance et essais – Sondage au pénétromètre dynamique type B
NF P 94-116	10/91	Sols : reconnaissance et essais – Essai de pénétration au carottier
NF P 94-119	12/95	Sols : reconnaissance et essais – essai au piezocône
NF P 94-131	09/94	Sols : reconnaissance et essais – Essai d'eau Lugeon
NF P 94-132	10/00	Sols : reconnaissance et essais – Essai d'eau Lefranc
NF P 94-157-1	03/96	Sols : reconnaissance et essais – mesures piézométriques – Partie 1 : tube ouvert
NFEN ISO 12944-2	09/98	Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture – Partie 2 : classification des environnements
NFEN ISO 15630-3	08/02	Aciers pour l'armature et la précontrainte du béton – Méthodes d'essai – Partie 3 : armatures de précontrainte
P 15-466	08/83	Liants – Reconnaissance rapide des ciments à la livraison par rapport à un échantillon de référence
P 18-424	10/94	Essai de gel sur béton durci – Gel dans l'eau – Dégel dans l'eau
P 18-425	10/94	Essai de gel sur béton durci - Gel dans l'air - Dégel dans l'eau
P 18-503	11/89	Surfaces et parements de béton – Eléments d'identification.
P 18-542	02/04	Granulats naturels courants pour bétons hydrauliques. Critères de qualification des granulats vis-à-vis de l'alcali-réaction.
P 18-554	12/90	Granulats. Mesure des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux.
P 18-555	12/90	Granulats. Mesure des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables.
P 18-556	09/90	Granulats. Détermination de l'indice de continuité.
P 18-557	09/90	Granulats. Eléments pour l'identification des granulats
P 18-560	09/90	Granulats. Analyse granulométrique par tamisage
P 18-561	09/90	Granulats. Mesure du coefficient d'aplatissement.
P 18-572	12/90	Granulats. Essai d'usure micro-Deval.
P 18-573	12/90	Granulats. Essai Los Angeles.
P 18-576	12/90	Granulats. Mesure du coefficient de friabilité des sables.

EDF ceidre	NOTE TECHNIQUE E D T G C 070053	Indice A	Annexe 1 8/8
RCCG-RJH « Règles de Conception et de Construction du Génie civil du Réacteur Jules Horowitz – Partie 2 : Construction »			

P 18-591	09/90	Granulats. Détermination de la propreté superficielle.
P 18-593	12/90	Granulats. Sensibilité au gel.
P 18-597	12/90	Granulats. Détermination de la propreté des sables : équivalent de sable à 10% de fines.
Pr NF EN 450-1	Projet	Cendres volantes pour béton – Partie 1 : Définition, spécifications et critères de conformité.
Pr XP P 18-454	Projet	Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction
XP A 35-031	03/98	Armatures pour béton armé – Barres soudables à verrous de diamètre supérieur à 40 mm
XP ENV 13670-1	11/02	Exécution des ouvrages en béton – Partie 1 : Tronc commun
XP P 15-319	09/95	Liants hydrauliques – Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates
XP P 18-540	10/97	Granulats. Définitions, conformité, spécifications.
XP P 94-120	12/97	Sols : reconnaissance et essais – essai de cisaillement au phicomètre

Autres documents

Guide technique "Réalisation des remblais et couches de forme", SETRA – LCPC, septembre 1992

Recommandations pour la prévention des désordres vis-à-vis de l'alcali-réaction, LCPC, juin 1994

Guide pour l'élaboration du dossier carrière, LCPC, juin 1994

Recommandations du projet national BAP, éditées par l'AFGC

Modes opératoires EDF-TEGG en vigueur :

- CE 02-033 "Matériaux durcis – Mesure de la masse volumique et de la porosité accessible à l'eau – Détermination du degré de saturation"
- CE 01-160 "Bétons et mortiers : essais de perméabilité à l'air"

Méthodes (ou projet de méthode) d'essai du LCPC :

- détermination du coefficient de transmission des unités de précontrainte,
- détermination de l'élévation de température de béton dans un calorimètre Qab,
- essai de fluage sur bétons.

Rapport n° 24 du Conseil International du Bâtiment (CIB) "Tolérances sur les défauts d'aspect du béton", juin 1973

Règles professionnelles-« Recommandations pour le choix et les conditions d'utilisation des boulons précontraints et non précontraints » (S.C.M.F. et CTICM - Edition octobre 1997)