

**Pilotage de la nouvelle station de conditionnement des
coupleurs de puissance XFEL**

**Cahier des charges des procédures
de conditionnement**

Cette note est le fruit d'un travail d'équipe auquel ont participé : M. El khaldi, I. Falleau, W. Kaabi, P. Lepercq, B. Mansoux, JC. Marrucho, C. Magueur, P. Rouillon*, et A. Verguet.

(*) : Thales group

Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par:
M. El khaldi	P. Lepercq	W. Kaabi

1. Paramètres:

1.1 Paramètres de mesure:

Indications sur la nomenclature LAL :

- Les lettres a,b,c,d à la fin des symboles de paramètres indiquent le banc de conditionnement auquel ce symbole est associé ;
- De manière générale 1 désigne le coupleur amont et 2 le coupleur aval par rapport à l'arrivée de l'onde RF
- Pour les pickup IeCIm: tension Pickup électronique en Volts (24 mesures) où les chiffres k=1,2,3 position pickup électron sur chaque coupleur ; les chiffres l= 1, 2 numéros attribués aux coupleurs par paire ; lettre m= a, b, c, d : rang de banc de conditionnement
- Pour le vide les chiffres identifient : 1 partie chaude amont ; 2 partie chaude avale ; 3 partie froide suivi des lettres indiquant le rang de banc de conditionnement

PT100_1	PT100_1a	Mesure de température céramique chaude	Permet la détection interlock température céramique PT100_cur est défini comme max des 8 mesures
PT100_2	PT100_2a		
PT100_3	PT100_1b		
PT100_4	PT100_2b		
PT100_5	PT100_1c		
PT100_6	PT100_2c		
PT100_7	PT100_1d		
PT100_8	PT100_2d		

Pickup 1	Ie1C1a	Mesure tension électronique Multipactor paire de coupleur a	Permet la détection d'interlock tension électronique Ie_cur est défini comme max des 24 mesures
Pickup 2	Ie2C1a		
Pickup 3	Ie3C1a		
Pickup 4	Ie1C2a		
Pickup 5	Ie2C2a		
Pickup 6	Ie3C2a		
Pickup 7	Ie1C1b	Mesure tension électronique Multipactor paire de coupleur b	
Pickup 8	Ie2C1b		
Pickup 9	Ie3C1b		
Pickup 10	Ie1C2b		
Pickup 11	Ie2C2b		
Pickup 12	Ie3C2b		
Pickup 13	Ie1C1c	Mesure tension électronique Multipactor paire de coupleur c	
Pickup 14	Ie2C1c		
Pickup 15	Ie3C1c		
Pickup 16	Ie1C2c		
Pickup 17	Ie2C2c		
Pickup 18	Ie3C2c		
Pickup 19	Ie1C1d	Mesure tension électronique Multipactor paire de coupleur d	
Pickup 20	Ie2C1d		
Pickup 21	Ie3C1d		
Pickup 22	Ie1C2d		
Pickup 23	Ie2C2d		
Pickup 24	Ie3C2d		

Klystron RF Incident	Pik	Mesure de la puissance incidente en sortie de Klystron	
Klystron RF reflected	Prk	Mesure de la puissance réfléchie en sortie de Klystron	Sécurité réfléchie Klystron : Prk/Pik<2%
Pic_1	Pica	Mesure de la puissance incidente en entrée de la paire de coupleur a	Pic=Min(Pica ;Picb ;Picc;Picd)
Pic_2	Picb	Mesure de la puissance incidente en entrée de la paire de coupleur b	
Pic_3	Picc	Mesure de la puissance incidente en entrée de la paire de coupleur c	
Pic_4	Picd	Mesure de la puissance incidente en entrée de la paire de coupleur d	
Prc_1	Prca	Mesure de la puissance réfléchie en entrée de la paire de coupleur a	Prc=Max(Prca ;Prcb ;Prcc ;Prcd) Sécurité réfléchie coupleur Prc/Pic<5%
Prc_2	Prcb	Mesure de la puissance réfléchie en entrée de la paire de coupleur b	
Prc_3	Prcc	Mesure de la puissance réfléchie en entrée de la paire de coupleur c	
Prc_4	Prcd	Mesure de la puissance réfléchie en entrée de la paire de coupleur d	
Pch_1	Pcha	Mesure de la puissance au niveau de la charge à la sortie de la paire de coupleur a	
Pch_2	Pchb	Mesure de la puissance au niveau de la charge à la sortie de la paire de coupleur b	
Pch_3	Pchc	Mesure de la puissance au niveau de la charge à la sortie de la paire de coupleur c	
Pch_4	Pchd	Mesure de la puissance au niveau de la charge à la sortie de la paire de coupleur d	

V1	V1a	Mesure du vide paire de coupleur a	V_cur est défini comme max des 12 mesures
V2	V2a		
V3	V3a		
V4	V1b	Mesure du vide paire de coupleur b	
V5	V2b		

V6	V3b		
V7	V1c	Mesure du vide paire de coupleur c	
V8	V2c		
V9	V3c		
V10	V1d	Mesure du vide paire de coupleur d	
V11	V2d		
V12	V3d		

1.2 Paramètres de détection d'interlocks type coupleur:

Les indications sur la nomenclature LAL faites dans le paragraphe précédent font foi. Nous ajoutons « il » pour distinguer ces mesures de ceux du paragraphe précédent.

Nomenclature Thales	Nomenclature LAL	Définition	Interconnexions
Spark1	Arcila1	Mesure de détection d'arc	Déclenche la gestion d'interlock: définit Eil ; incrémente Nil
Spark2	Arcila2		
Spark3	Arcilb1		
Spark4	Arcilb2		
Spark5	Arcilc1		
Spark6	Arcilc2		
Spark7	Arcild1		
Spark8	Arcild2		

Interlock vacuum1	SVil= 6.10 ⁻⁶ mBar	constante	Si V _{cur} >SVil arrêt hardware
Interlock vacuum2			
Interlock vacuum3			
Interlock vacuum4			
Interlock vacuum5			
Interlock vacuum6			
Interlock vacuum7			
Interlock vacuum8			
Interlock vacuum9			
Interlock vacuum10			
Interlock vacuum11			
Interlock vacuum12			

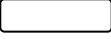
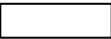
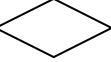
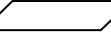


Reflected power	Prcil=0.05*Pic	Variable dépendante de Pic	Si Prc>Prcil arrêt hardawre
Fire detection		A definir par Thales	
Thermal security			
Rayonnement RF			
Radioprotection			
General start			
General stop			
Pulsor start			
Pulsor Stop			

Les interlocks : vide et puissance réfléchi sont détectés à partir des mesures de niveau de vide et de la puissance réfléchi, ainsi ils sont soit en trop, soit il faut rajouter des voies de détection d'interlocks pour l'ensemble de mesures de pick-up et de température céramique.

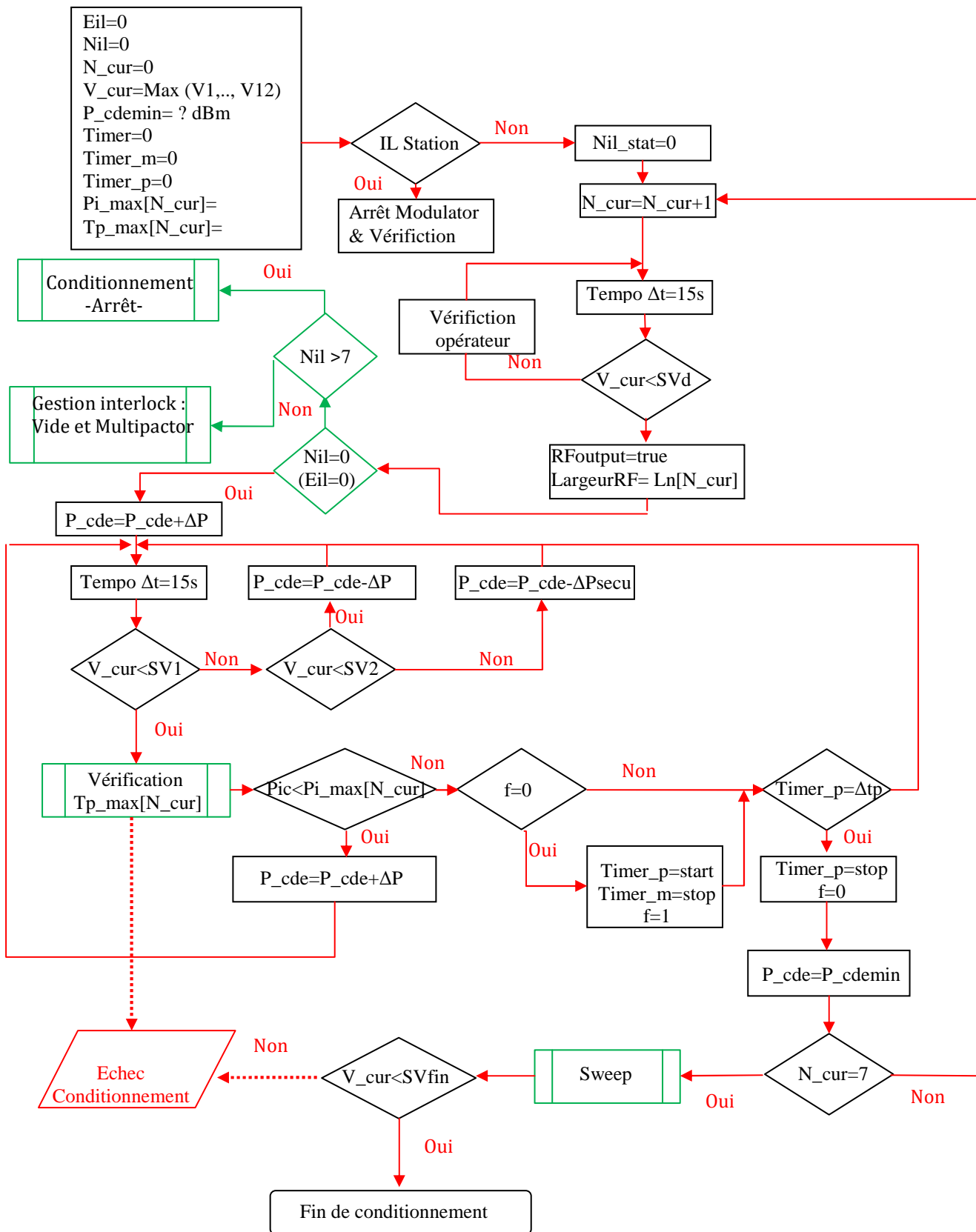
Pour les paramètres ou la nomenclature LAL n'est pas indiquée, une discussion plus approfondie est nécessaire pour définir leur utilisation.

2. Procédures

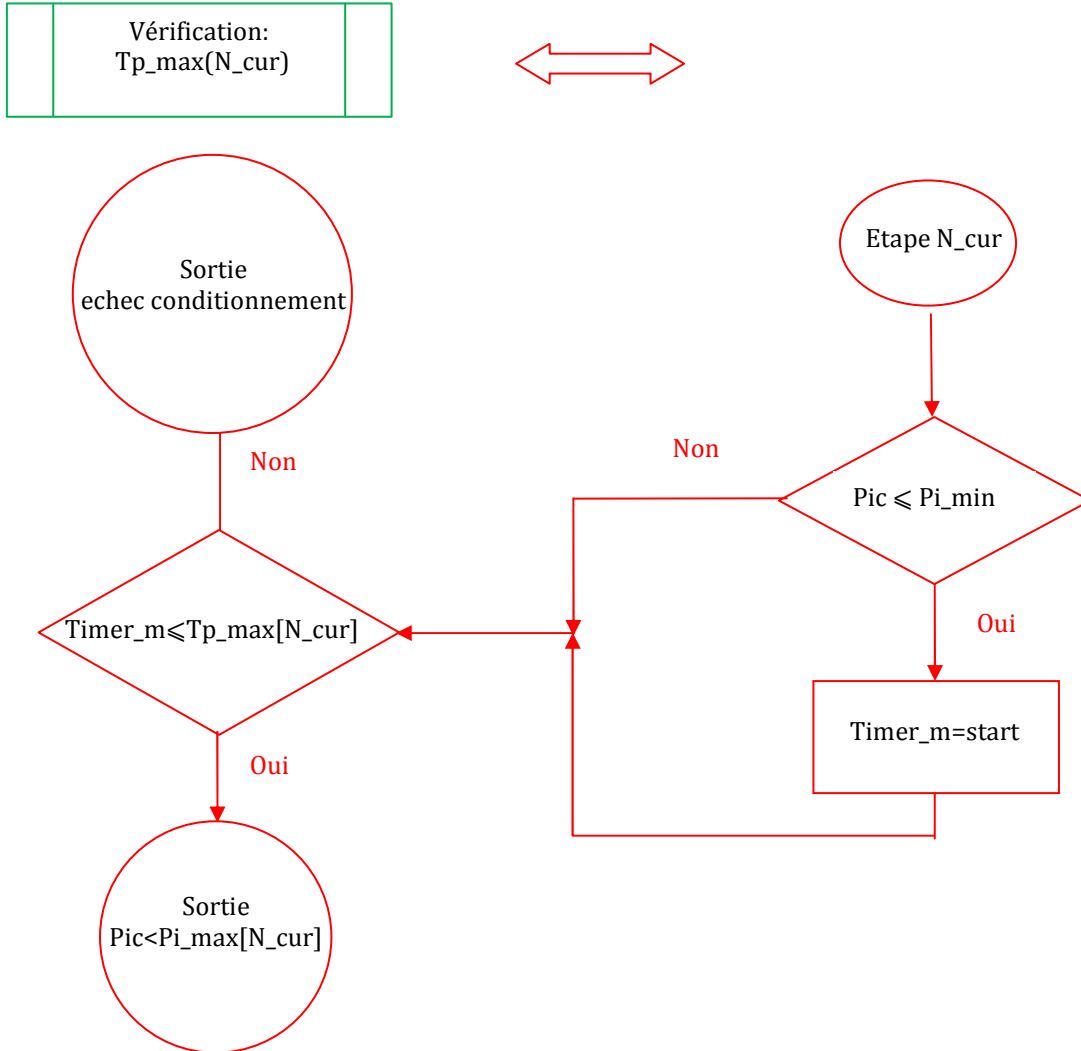
Pour lire les diagrammes en toute facilité en voici les conventions

-  Représente le début ou la fin de la procédure. Au début un certain nombre de paramètres sont initialisés ou définis.
-  Contient des étapes à exécuter. «Tempo » désigne l'attente.
-  Montre les conditions.
-  Contient l'information importante à afficher à l'écran.
-  Indique le début et la fin d'une sous-procédure.
-  Ce diagramme signifie passage à une procédure ou cette procédure. Par exemple dans le cas de gestion d'interlock, l'information sur l'arrêt ou la reprise de la procédure initiale est donnée.

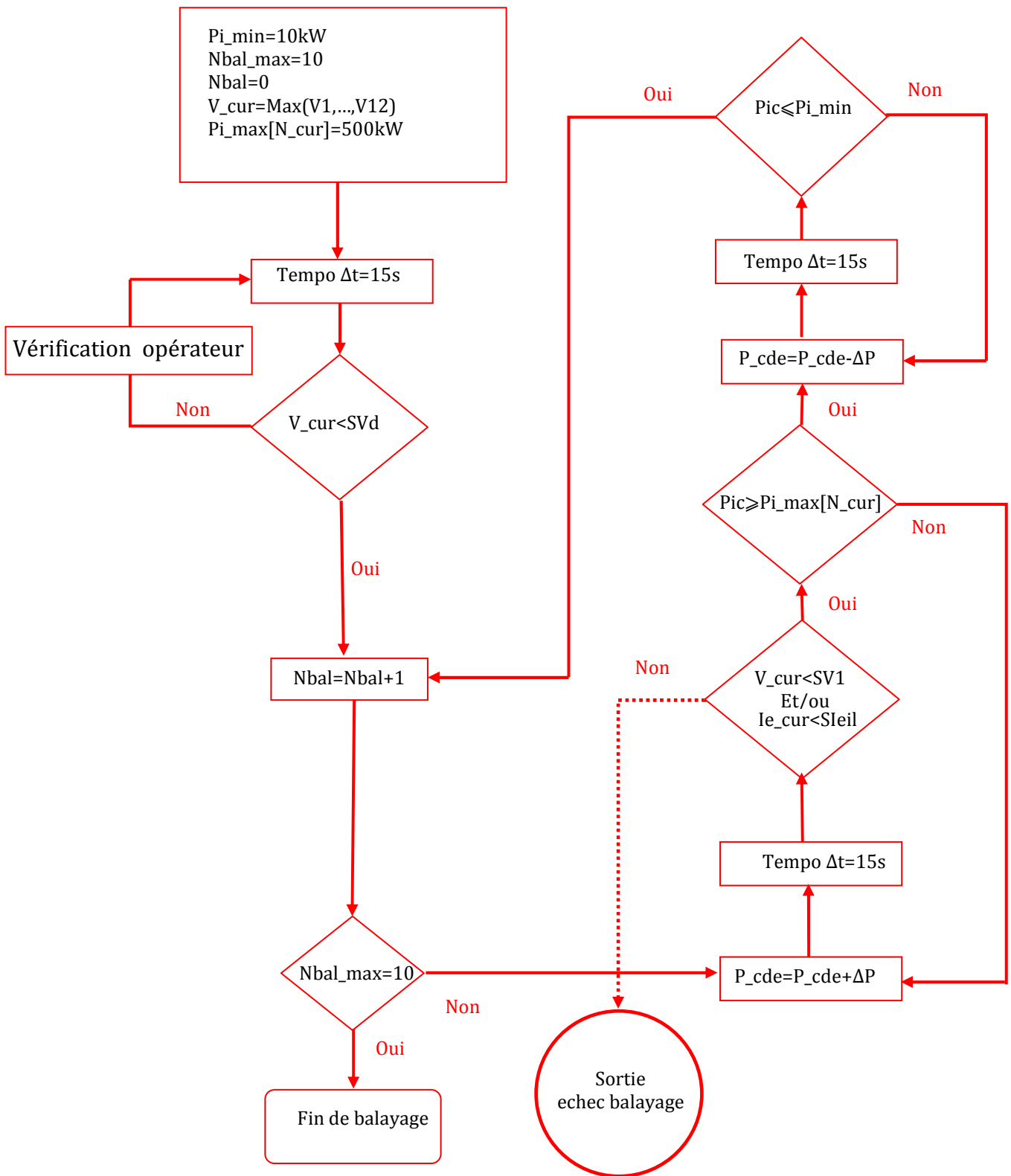
2.1 Procédure de conditionnement



Sous procédure: Vérification $Tp_max[N_cur]$

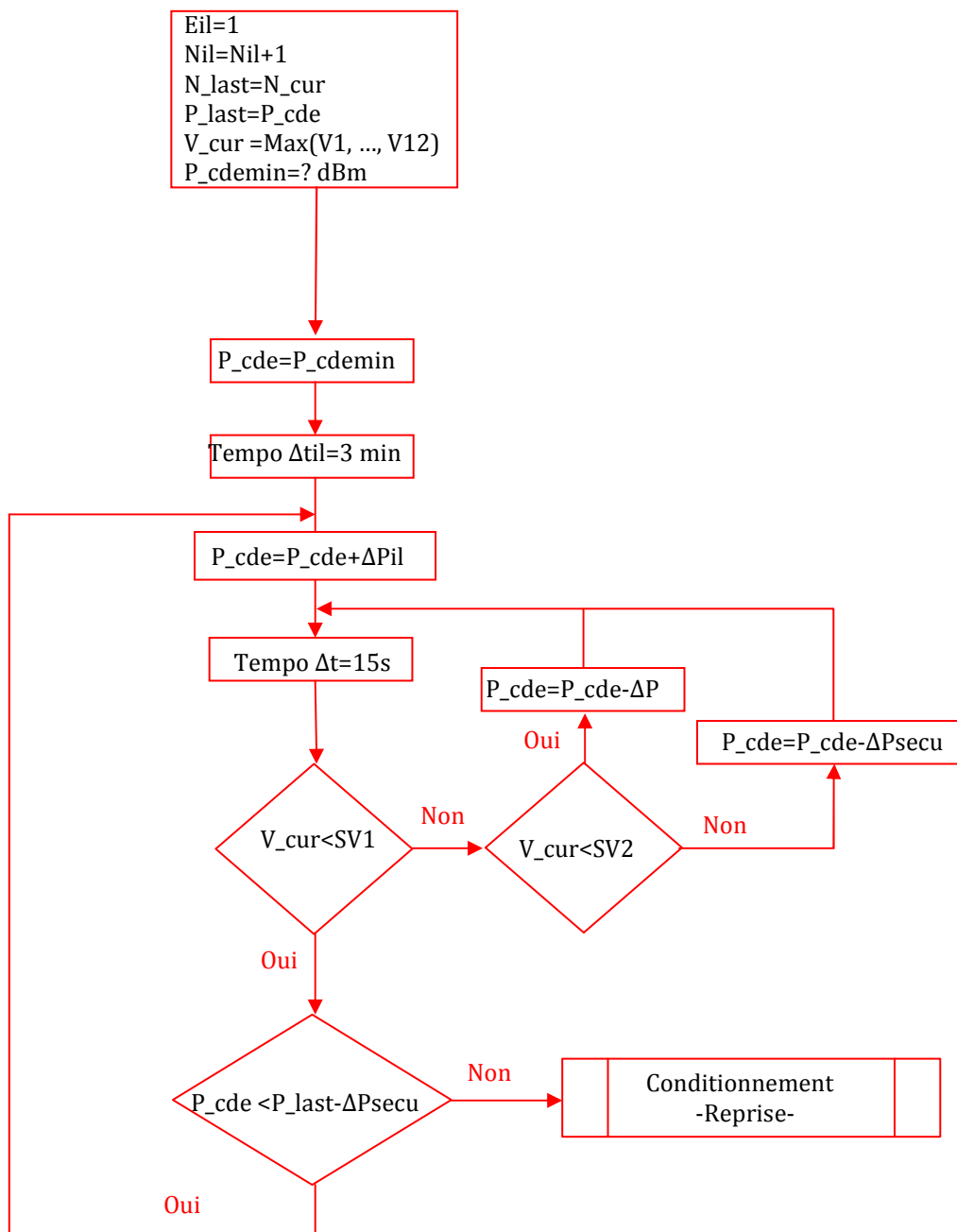


2.2 Procédure de Balayage

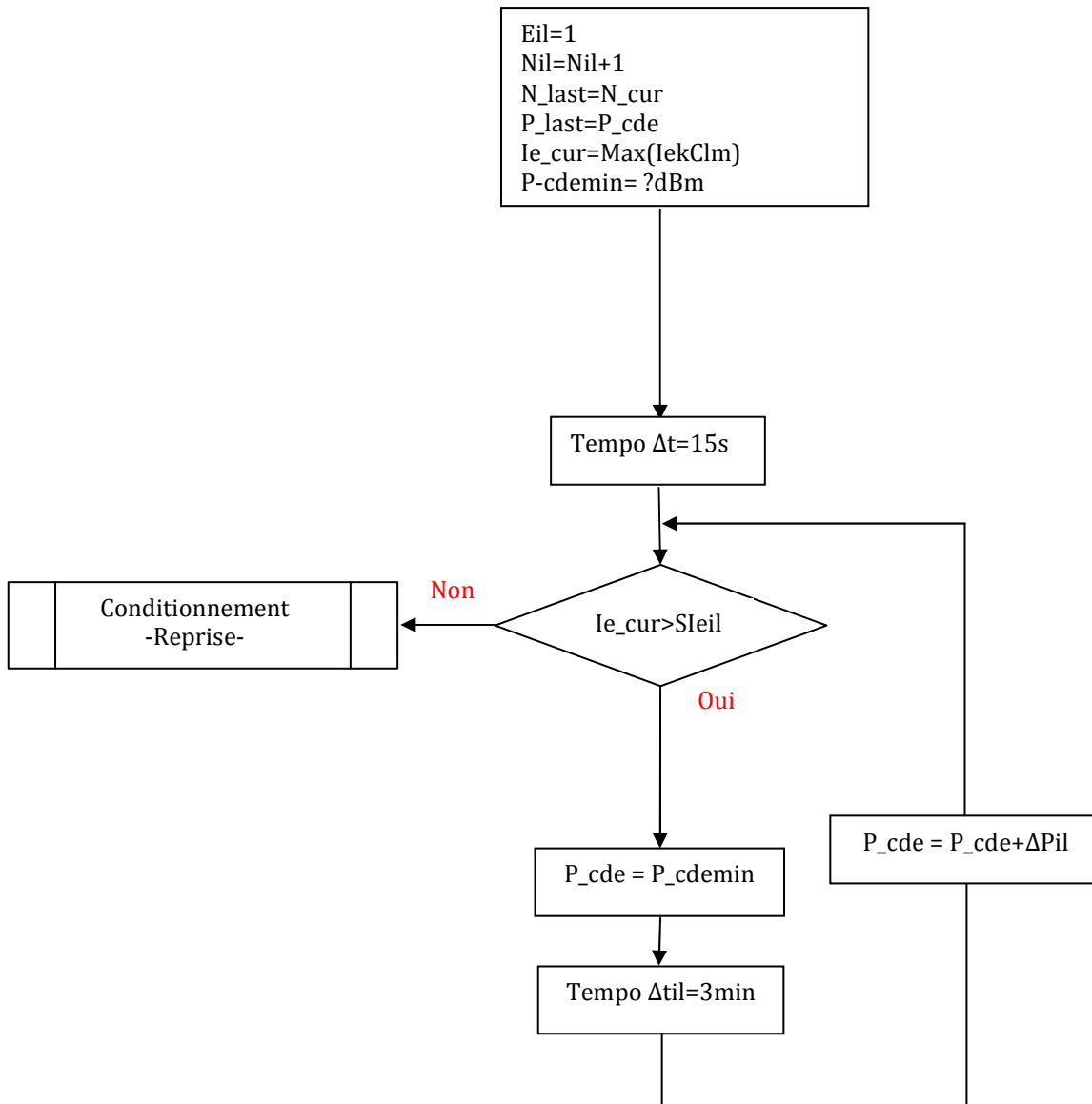


N.B : La procédure de gestion d'interlocks software ou hardware doit être activée en parallèle avec le conditionnement

2.3 Procédure de gestion d'interlock vide



2.4 Procédure de gestion d'interlock Multipactor



NB:

$Ie_cur = \max(IekClm)$ 24 mesures de tension Pickup electron

$IekClm$: tension Pickup electron en Volts (24 mesures)

$k=1,2,3$ position pickup electron sur chaque coupleur

$l= 1, 2$ numéros attribués aux coupleurs par paire

$m= a, b, c, d$ lettres attribuées aux 4 paires conditionnées

3. Paramètres de contrôle et commande

Paramètre	Valeur	Définition & commentaire	Type de la valeur
Eil	0 ou 1	événement interlock s'est produit ou pas	
Nil	0 à 7	Compte le nombre interlock ; Le nombre interlock autorisé est 7 (multipactor et vide)	
Nil_stat	Nombre entier	Compte le nombre interlock station , Arrêt hardware	
V_cur	$V_{cur} = \max(V1, \dots, V12)$	Niveau de vide le plus haut mesuré en mBar ; $V_{cur} = \max(V1, \dots, V12)$	
SVd	10^{-7} mBar	Niveau de vide pour démarrer	constante
SV1	6.10^{-7} mBar	Seuil de vide 1 engendrant un ΔP dans la puissance de commande	constante
SV2	10^{-6} mBar	Seuil de vide 2	constante
SVil	6.10^{-6} mBar	Seuil interlock vide	constante
SVfin	10^{-7} mBar	Seuil vide à la fin de conditionnement	constante
N_cur	1,2,3,4,5,6,7 ,8	Numéro d'étape N_cur =8: balayage	constante
N_last	1,2,3,4,5,6,7 ,8	Numéro de l'étape au moment de l'interlock	
Ln [N_cur]	N_cur=1 : 20 μ s ; N_cur=2 : 50 μ s ; N_cur=3 : 100 μ s ; N_cur=4 : 200 μ s ; N_cur=5 : 400 μ s ; N_cur=6 : 800 μ s ; N_cur=7 et 8 : 1300 μ s ;	La largeur de l'impulsion RF pour l'étape N_cur	
Pic	Pic=Min(Pica ;Picb ; Picc; Picd) Pi_min \leq Pic \leq Pi_max[N_cur]	Pic (a,b,c,d) Niveau de puissance incidente en entrée d'une paire , les 4 mesures sont légèrement différentes	
Prc	Prc=Max(Prca;Prcb;Prc ;Prd)	Prc(a,b,c,d) niveau de puissance réfléchi en entrée de chaque paire	
Prcil	0.05*Pic	Seuil de puissance réfléchi ; Prc puissance réfléchi pourrait dépasser le seuil suite à désadaptation de la paire	Variable dépendante de Pic (seuil relatif)
Pi_max[N_cur]	N-cur=1 à 5 : 1MW N_cur=6 à 8 : 500kW	Puissance incidente maximale en entrée d'une paire des coupleurs	Constante dépendant de N_cur
Pi_min	10kW pour tous N_cur	Puissance incidente minimale en entrée d'une paire des coupleurs	constante
P_cdemin	A définir en dBm par Thales	C'est la puissance sortie synthétiseur minimale qui correspond à Pi_min	Constante
P_cdemax[N_cur]	A définir en dBm par Thales	C'est la puissance sortie synthétiseur maximale qui correspond à Pi_max[N_cur]	Constante dépendant de N_cur
P_cde	$P_{cdemin} \leq P_{cde} \leq P_{cdemax}[N_{cur}]$ Exprimé en dBm	Niveau de puissance de commande = puissance sortie du synthétiseur	
P_last	Exprimé en dBm	Niveau de puissance de commande sortie synthetiseur au moment de l'interlock	
ΔP	0.1 dB	Pas d'incrémentement ou décrémentation de la puissance de commande	constante
ΔP_{secu}	0.4dB	Pas de puissance de sécurité pour décrétement la puissance de commande	constante
ΔP_{il}	$(P_{last} - P_{cdemin})/40$	Pas de puissance de la commande pour remonter au niveau de puissance suite à un interlock : Définit comme suit $(P_{last} - P_{cdemin})/40$	Variable dépendante de P_last
Nbal		Numéro de balayage en cours	
Nbal_max	10	Nombre de balayage maximal autorisé	constante
Timer	Le temps de conditionnement et balayage est estimé à 45heures	Mesure du temps d'exécution de la procédure de conditionnement et balayage	
Tp_max[N_cur]	N_cur=1 : 14heures N_cur=2 : 3heures N_cur=3 à 7 : 2heures	Temps maximal pour arriver au palier de puissance.	
Δtp	60min	Durée pendant laquelle on applique la puissance max = durée du palier	Constante
Δt	15s	Durée d'attente pour changer le niveau de puissance	Constante
Δtil	3 min	Durée d'attente pour changer le niveau de puissance suite à un interlock	Constante

Timer_m	0 à Tp_max[N_cur]	Déclenchement pour $Pic \leq Pi_{min}$ Arrêt pour $Pic \geq Pi_{max}[N_{cur}]$	
Timer_p	0 à Δt_p	Déclenchement pour $Pic \geq Pi_{max}[N_{cur}]$ Arrêt pour $Pic \leq Pi_{min}$	
RFoutput	false ou true	Etat de marche de synthétiseur	
Sleil	5V	Seuil interlock multipactor ; $Ie_{cur} > Sleil$ déclenchement de la procédure gestion interlock Multipactor	
Ie_cur	Max(Ie1, ..., Ie24)	$Ie_{cur} = \max(Ie_{C1m})$ des 4 paires	
STc	Seuil externe partie chaude : 60°C	Seuil interlock température céramique ; Les PT100 sont placés à l'extérieur, on mesure la température de cuivre externe. Une étude d'extrapolation est souhaitée pour définir le vrai seuil externe en tenant compte de seuil interne de la céramique (85°C)	
PT100_cur	PT100_cur=Max (PT100_1a,PT100_2a,...., PT100_1d,PT100_2d)	Max des 8 mesures de la température partie chaude	
Flage f	0 ou 1	f=0 timer=start f=1 timer=stop	

Interlock Hardware type coupleur:

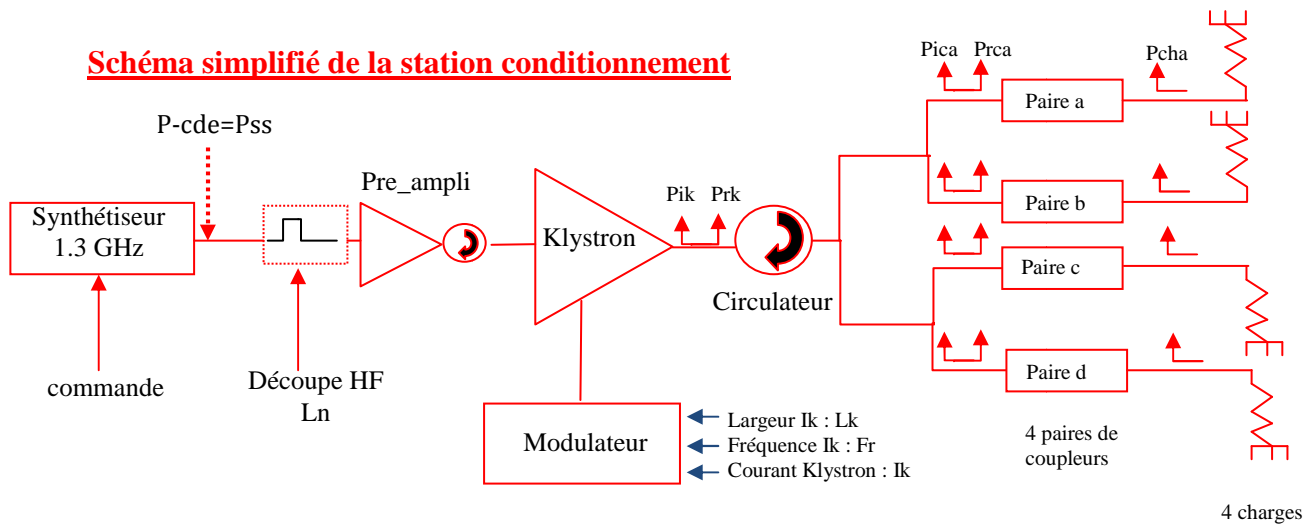
- **Securité puissance réfléchie : si $Prc > Prcil$ arrêt hardware**
- **Sécurité vide : si $V_{cur} > SVil$ arrêt hardware**
- **Sécurité thermique : si $PT100_{cur} > STc$ arrêt hardware**
- **Sécurité arc (fibre optique)**

Annexe

Tableau des paramètres dépendant de N_{cur} : (à compléter par Thales)

N_{cur}	1	2	3	4	5	6	7	8(balayage)
$Ln[N_{cur}]$ en μs	20	50	100	200	400	800	1300	1300
$Pi_{max}[N_{cur}]$ en kW	1000	1000	1000	1000	1000	500	500	500
Pi_{min} en kW	10	10	10	10	10	10	10	10
$Tp_{max}[N_{cur}]$ en heures	14	3	2	2	2	2	2	x
P_{cdemin} en dBm								
$P_{cdemax}[N_{cur}]$ en dBm								

Schéma simplifié de la station conditionnement



Procédure de conditionnement chaud

