

16. Fonctionnement du Cycle-Combiné

16.1 Introduction

Ce document traite du fonctionnement d'un Cycle-Combiné constitué d'une turbine à gaz, d'une turbine à vapeur et d'un alternateur montés sur une même ligne d'arbre et d'une chaudière de récupération.

Le contrôle-commande du Cycle-Combiné a été spécialement étudié pour permettre à l'opérateur une conduite aisée de la centrale : démarrage automatique depuis la condition « prêt à démarrer », arrêt automatique et fonctionnement automatique en charge. La plupart des équipements mécaniques sont organisés en systèmes fonctionnels et peuvent ainsi être commandés à travers des commandes de « groupe » et/ou « sous-groupe » ou directement au niveau « actionneur » ; cette hiérarchisation du contrôle permet ainsi de minimiser les actions des opérateurs.

Le démarrage automatique depuis la condition « prêt à démarrer » signifie que l'opérateur doit effectuer une phase de préparation pendant laquelle certains systèmes fonctionnels doivent être démarrés. Pour ce faire, il agira pour plus de facilité au niveau des commandes de groupe. Une fois la condition « prêt à démarrer » satisfaite, l'opérateur donnera l'ordre de démarrer et la chaudière puis la ligne d'arbre démarreront automatiquement pour atteindre la charge sélectionnée par l'opérateur.

Les procédures suivantes qui sont propres à la configuration « single-shaft » peuvent légèrement différer suite aux études détaillées en particulier celles de la chaudière pendant la phase de réalisation du projet.

16.2 Démarrage du Cycle-Combiné

16.2.1 Condition « Prêt à démarrer »

Avant de lancer le démarrage de l'unité, l'opérateur doit effectuer certaines opérations pour placer la turbine à gaz, la turbine à vapeur et la chaudière dans les conditions requises pour un bon déroulement de la séquence de démarrage automatique. Cette phase de préparation consiste à démarrer à l'aide des commandes de groupes et de sous-groupes les différents systèmes électriques et les auxiliaires mécaniques en vue d'obtenir la condition « prêt à démarrer ».

16.2.1.1 Auxiliaires mécaniques

L'opérateur procède ainsi à certaines actions et vérifications sur les auxiliaires mécaniques pour obtenir les permissifs de démarrage de la séquence automatique et en assurer le bon déroulement.

Cette phase préparatoire peut se caractériser ainsi:

- La ligne d'arbre est en virage.
- Le système d'air d'instrumentation est en fonctionnement.
- Le circuit d'eau de circulation est opérationnel avec au minimum une pompe de circulation en fonctionnement.

- Le système de refroidissement des auxiliaires est opérationnel avec une pompe de réfrigération en fonctionnement.
- La station d'eau déminéralisée est opérationnelle et capable de subvenir aux besoins en eau pendant le démarrage et le fonctionnement.
- Le niveau du réservoir d'eau d'appoint est normal et les pompes d'appoint en eau sont en automatique.
- Le système d'eau d'extraction est en fonctionnement automatique avec une pompe en fonctionnement et une pression normale au refoulement.
- Le niveau du condenseur est normal, contrôlé automatiquement par les vannes d'appoint et de décharge.
- La chaudière auxiliaire alimente en vapeur auxiliaire les labyrinthes de la turbine à vapeur pour réaliser l'étanchéité.
- Le système de vapeur de dégazage est opérationnel et en automatique.
- Le système de mise sous vide est en fonctionnement automatique.
- Le pression au condenseur est inférieure à 160 mbara.
- Le panneau des échantillons vapeur/eau est en service.
- Le système des injections chimiques est prêt.
- Le système gaz est configuré, la pression et la température gaz sont normales.
- Le réchauffeur gaz est rempli, éventé et en automatique.
- Le système d'évacuation des purges vapeur est en service avec son circuit d'eau de refroidissement associé.
- Les vannes d'isolement des by-pass HP, MP et BP sont ouvertes.

16.2.1.2 Turbine à vapeur prête à démarrer

Pour le lancement de la ligne d'arbre, l'opérateur doit également obtenir de la part du contrôleur de la turbine à vapeur la condition prêt à démarrer pour la turbine à vapeur, qui peut se résumer comme suit :

- La vanne motorisée d'isolement chaudière de la vapeur BP est fermée.
- Le barillet de vapeur auxiliaire est en pression et à sa température nominale. La tuyauterie de vapeur BP est réchauffée et purgée jusqu'à la vanne de contrôle de l'admission BP de la turbine à vapeur.
- La vanne d'admission de vapeur auxiliaire est fermée.
- Les vannes combinées haute pression (HP) d'arrêt et de contrôle (*MSV* et *MCV*) sont fermées.
- Les vannes combinées moyenne pression (MP) (droite et gauche) de contrôle et d'arrêt (*ICV1*, *ISV1* et *ICV2*, *ISV2*) sont fermées.
- Les vannes basse pression (BP) d'arrêt et de contrôle (*LSV* et *LCV*) sont complètement fermées.
- Les vannes d'évacuation du corps HP (*HPEV*) et du corps IP (*IPEV*) sont en automatique et ouvertes.
- Toutes les vannes motorisées de la turbine à vapeur ainsi que les vannes pneumatiques sont en mode automatique.

- Toutes les vannes de purge de la turbine à vapeur sont ouvertes.
- La dilatation différentielle de la turbine à vapeur est acceptable.
- La température de l'étage L-1 de la turbine à vapeur ainsi que la température à l'échappement sont normales.
- La pression de l'eau du système d'arrosage des fonds BP est normale.
- La pression fluide hydraulique est normale.
- Tous les contrôleurs de la turbine à vapeur sont en automatique avec pour point de consigne les valeurs de pré-démarrage adéquates.
- Le système d'étanchéité fonctionne correctement (la pression et la température étant acceptables).
- L'excentricité de la turbine à vapeur est normale.
- Le vide à l'échappement est correct.

16.2.1.3 Chaudière prête à démarrer

Avant de lancer le séquenceur, l'opérateur s'est assuré, en particulier après des arrêts pour maintenance, que toutes les vannes d'isolement manuelles de la chaudière sont correctement configurées (par exemple, les vannes manuelles d'isolement des tuyauteries eau et vapeur doivent être ouvertes, les vannes d'arrêt des lignes d'azote doivent être fermées de même que les vannes des purges intermittentes des ballons).

Lorsque tous les permissifs sont acquis, l'opérateur peut activer l'automate de démarrage. Le séquenceur va gérer le démarrage de la chaudière et configurer les différents systèmes fonctionnels HP, MP et BP de façon à amener la chaudière dans la configuration « prête pour le démarrage de la ligne d'arbre ».

Le démarrage des différents systèmes se fera donc automatiquement selon la séquence suivante :

- Démarrage et configuration du système de purges des ballons chaudière
 - La vanne d'isolation de la purge continue des ballons HP et MP est en automatique et est fermée
 - La vanne d'isolation et la vanne de contrôle de la purge de démarrage des ballons HP et MP sont en automatique.
 - La vanne d'isolation de la purge intermittente du ballon BP est en automatique
- Démarrage du système BP de la chaudière
 - L'économiseur BP est rempli et éventé automatiquement après ouverture de la vanne d'isolement entrée économiseur.
 - Le niveau du ballon BP est réglé automatiquement au niveau de démarrage puis maintenu à une valeur acceptable par rapport à la consigne de démarrage.
 - La vanne d'isolement et la vanne de contrôle du soutien en vapeur MP du ballon BP sont en automatique et sont fermées.
- Démarrage du système d'eau alimentaire
 - Une pompe alimentaire HP/MP est démarrée, la deuxième est placée en secours.
 - Les vannes de contrôle de la recirculation des pompes alimentaires sont en automatique.
- Démarrage des systèmes MP, resurchauffe et HP de la chaudière
 - Les économiseurs MP et HP sont remplis et éventés automatiquement.
 - La vanne d'isolement entrée économiseur MP est en automatique et est ouverte.

- Les niveaux des ballons MP et HP sont réglés au niveau de démarrage puis maintenus à une valeur acceptable par rapport à la consigne de démarrage.
- La vanne d'isolement et la vanne de contrôle du soutien en vapeur HP du ballon MP sont en automatique et sont fermées.
- La vanne d'isolation de l'admission de la vapeur MP dans la section resurchauffe est en automatique et est ouverte.
- La vanne de contrôle de la pression de la vapeur MP est en automatique et est fermée.
- Les vannes de purge et d'évent sont en automatique.
- Les vannes d'isolement et de contrôle de la désurchauffe sont en automatique.
- Démarrage des systèmes de purge et d'évents des tuyauteries vapeur
 - Les vannes de purge HP, MP et BP sont en automatique et sont fermées.
 - La vanne d'isolement chaudière de la vapeur HP est en automatique et est ouverte.
 - La vanne d'isolement chaudière de la vapeur BP est en automatique et est fermée.
- Démarrage des systèmes de by-pass HP, MP et BP
 - Les vannes de contrôle de pression et les vannes de contrôle de température sont en automatique et sont fermées.
 - Les vannes d'isolation de la désurchauffe sont en automatique et sont ouvertes.
- Ouverture automatique du registre placé en sortie de la cheminée.

Si toutes les actions précédentes ne génèrent pas de conditions de déclenchement, la chaudière est alors considérée comme prête pour le démarrage de la turbine à gaz et donc de la ligne d'arbre.

16.2.1.4 Turbine à gaz prête à démarrer

La séquence de démarrage pourra alors se poursuivre par le démarrage de la turbine à gaz si les conditions suivantes sont réunies :

- La turbine à gaz est prête à démarrer (le signal est élaboré par le Mark VI).
- La chaudière est prête à démarrer.
- La turbine à vapeur est prête à démarrer.

16.2.2 Démarrage et accélération jusqu'à la vitesse de balayage

Dès réception de l'ordre de démarrer, le système de contrôle-commande de la turbine à gaz effectue une réinitialisation des boucles de protection principales de la turbine. Le convertisseur statique de fréquence (CSF) se met ensuite en marche et va faire fonctionner l'alternateur en mode moteur par production d'un couple entraînant alors le rotor au-delà de la vitesse de virage. Le vireur est automatiquement débrayé dès que la vitesse de l'unité dépasse la vitesse de virage. L'unité est ensuite accélérée jusqu'à la vitesse de balayage par le CSF.

16.2.3 Balayage, décélération jusqu'à la vitesse d'allumage, allumage de la turbine à gaz et préchauffage

Le balayage de l'échappement de la turbine à gaz dure un laps de temps qui est prédéfini dans le contrôleur de la turbine à gaz. Le balayage terminé, la puissance du CSF est coupée et l'unité ralentit jusqu'à la vitesse d'allumage. La puissance du CSF est régulée par le système de contrôle-commande du CSF de manière à maintenir une vitesse stable pendant l'allumage de la turbine à gaz et durant une période de préchauffage d'une minute.

16.2.4 Accélération jusqu'à la pleine vitesse

Après la minute de préchauffage, la puissance du CSF est montée à sa pleine capacité. Le débit de combustible de la turbine à gaz varie en fonction de la séquence d'accélération programmée dans le contrôleur de la turbine à gaz et l'unité accélère ainsi jusqu'à la pleine vitesse.

Lorsque la vitesse de l'unité avoisine la valeur où le refroidissement du corps BP devient nécessaire, la vanne d'admission BP de la turbine à vapeur s'ouvre pour admettre de la vapeur auxiliaire.

16.2.5 Synchronisation

Lorsque l'unité approche de la pleine vitesse, le CSF est coupé et déconnecté. L'alternateur est alors prêt à être synchronisé au réseau pour générer de la puissance.

Le système d'auto synchronisation assure la concordance des vitesses, tensions et phases et donne l'ordre de fermeture du disjoncteur. Lorsque le disjoncteur de l'alternateur se ferme, le système de contrôle-commande de la turbine à gaz envoie un échelon de charge et la turbine se positionne à sa charge minimale.

16.2.6 Concordance des températures

La logique de concordance des températures entre en action lorsque l'unité atteint la charge minimale après synchronisation. Son but est de faire coïncider la température vapeur à la température métal de la turbine à vapeur avant son admission dans la turbine. Cette logique peut soit faire diminuer la température d'échappement pour obtenir une température vapeur plus basse lors d'un démarrage froid ou faire augmenter la température d'échappement pour obtenir une température vapeur plus haute lors d'un démarrage chaud. La température d'échappement visée est obtenue en sélectionnant la plus basse des deux températures métal de la turbine à vapeur (corps interne HP ou corps interne MP) et en y ajoutant 100°C.

Pour un démarrage froid, la logique de concordance des températures entraîne l'ouverture des aubes directrices d'entrée (IGVs) depuis leur position initiale. La vitesse d'ouverture des IGVs est telle que la variation de température d'échappement soit acceptable pour la chaudière. La position finale des IGVs correspond à celle qui permet d'obtenir la température d'échappement recherchée.

Pour un démarrage chaud, la température à l'échappement de la turbine à gaz qui est obtenue à la charge minimale et avec la position minimale des IGVs n'est pas assez élevée. Dans ce cas, la charge de la turbine est augmentée pour avoir la température d'échappement voulue.

Quand la température d'échappement est égale à la valeur cible à quelques degrés près (diminution de la température par ouverture des IGVs pour un démarrage froid ou augmentation de la température par prise de charge pour un démarrage chaud), la procédure de concordance des températures est terminée. Les températures cibles maximale et minimale sont respectivement 566°C pour un démarrage chaud et 371°C pour un démarrage froid.

16.2.7 Prise de charge de la turbine à vapeur

16.2.7.1 Prise de charge du corps MP

La prise de charge de la turbine à vapeur se fait après vérification de la pureté de la vapeur. Cette dernière doit être en accord avec ce qui est spécifié dans la GEK-72281.

Les vannes /ICV1 et /ICV2 qui contrôlent l'admission de la vapeur resurchauffée dans le corps MP sont autorisées à s'ouvrir lorsque les conditions suivantes sont réunies:

- Le disjoncteur de l'alternateur est fermé et
- La vanne de by-pass HP (*HPBV*) est ouverte à plus de 30% et
- La pression de vapeur HP est supérieure à la pression talon et
- La surchauffe de la vapeur HP et de la vapeur resurchauffée HRH est supérieure à 42°C et
- La température de la vapeur resurchauffée est supérieure à celle du corps interne turbine MP et
- La charge de l'unité est supérieure à 17 MW et
- L'algorithme de démarrage automatique de la turbine est opérationnel.

Les vannes *ICV1* et *ICV2* s'ouvrent à 0.5% en suivant une pente rapide (quasi échelon). Elles continuent ensuite de s'ouvrir selon une pente qui est déterminée par la logique de contrôle des contraintes. La vanne de by-pass de la vapeur resurchauffée HRHBV fonctionne alors en mode contrôle de pression et va se refermer à mesure que le débit vapeur est admis dans la turbine au travers des vannes *ICV1* et *ICV2* et à mesure que la production de vapeur par la chaudière se stabilise.

16.2.7.2 Prise de charge du corps HP

La montée en charge de la turbine à vapeur se poursuit avec l'ouverture des vannes *ICV1* et *ICV2* jusqu'à atteindre la référence de débit d'environ 50%, point auquel est effectuée la mise en service du corps HP. Les conditions requises pour cette mise en service sont les suivantes:

- Le débit de référence à travers les vannes *ICV1* et *ICV2* est supérieur à 50%,
- Le niveau des contraintes sur le rotor de la turbine à vapeur est satisfaisant,
- La vapeur HP a une surchauffe correcte.

La mise en service du corps HP s'effectue par la fermeture de la vanne d'évacuation du corps HP et par l'ouverture très rapide de la vanne principale MCV jusqu'à une référence de charge. La rampe d'ouverture dure à peu près 15 secondes. La position de la vanne MCV obtenue conduit à peu près au même pourcentage de débit vapeur HP que celui qui passait au travers des vannes *ICV1* et *ICV2*. Il se produit une légère augmentation de charge pendant cette phase de transfert.

Le débit vapeur augmentant au travers de la vanne MCV et donc diminuant au travers de la vanne de by-pass *HPBV*, la pression de la vapeur HP est maintenue par fermeture de la vanne de bypass qui agit de façon à maintenir la consigne de pression HP. La vanne de by-pass *HRHBV* répondra de la même façon à toute variation de débit dans le circuit de resurchauffe pendant cette phase de transfert.

La turbine à vapeur poursuit sa montée en charge grâce à l'ouverture progressive des vannes *MCV* et *ICVs* qui se fait au taux déterminé par le contrôle des contraintes de la turbine. C'est la vanne *MCV* qui contrôle la charge de la turbine. Les vannes *ICVs* suivent l'augmentation de charge de la turbine à vapeur en continuant de s'ouvrir selon la référence de charge.

Quand les vannes *ICVs* atteignent environ la position 85% vanne ouverte, elles ne sont plus capables de contrôler le débit vers la turbine MP et sont amenées à la pleine ouverture pour fournir le rendement maximal de la turbine à vapeur.

Le contrôle de pression entraîne la fermeture de la vanne de bypass *HRHBV* de la section resurchauffe, pendant la demande de pleine ouverture des vannes *ICVs*.

La vanne de by-pass *HPBV* contrôle la pression HP à une valeur constante pendant cette période.

La vanne *IP PCV* contrôle la pression en sortie du surchauffeur MP à une valeur minimale (talon) ou à une valeur plus haute pour préserver la tuyauterie des trop hautes vitesses.

Au delà de la pression talon, la vanne *IP PCV* s'ouvre complètement pour permettre à la pression MP de varier en fonction de la charge.

Lorsque la vanne de by-pass *HPBV* atteint sa position d'ouverture minimale (10%), la turbine HP est transférée en mode contrôle de pression (*IPC*) et la bypass HP est fermé.

16.2.7.3 Contrôle de la position des IGVs

Si, pendant la phase de concordance des températures, les IGVs de la turbine à gaz ont été ouverts au delà de leur position minimale et s'ils ne sont toujours pas refermés à ce stade, ils le seront avant la montée en charge de la turbine à gaz. La vitesse de fermeture des IGVs est telle que la variation d'augmentation de la température échappement soit acceptable pour la turbine à vapeur.

16.2.8 Montée en charge de la turbine à gaz jusqu'à la base

La turbine à gaz commence progressivement sa montée en charge. L'augmentation de la charge entraîne une augmentation des températures vapeur depuis la valeur cible d'origine jusqu'aux valeurs maximales autorisées en sortie surchauffeur et resurchauffeur. La prise de charge est limitée par l'algorithme du contrôle des contraintes de la turbine à vapeur qui, en fonction de la température initiale du métal, vise à minimiser la consommation de la durée de vie de la turbine pendant le démarrage. La charge de la turbine à gaz augmentant, la vanne MCV s'ouvre complètement et la pression de la vapeur HP commence à augmenter avec l'augmentation du débit vapeur HP (fonctionnement en pression glissante).

La turbine à gaz poursuit ensuite sa montée en charge jusqu'à la base ou, par l'intermédiaire du contrôle de charge du Cycle-Combiné, jusqu'à la charge choisie par l'opérateur pour l'unité.

16.2.8.1 Ouverture de la vanne d'isolement chaudière vapeur BP

Lorsque la séquence de purge du circuit BP est terminée, que la vanne de by-pass BP (*LPBV*) est ouverte à au moins 20%, que la surchauffe de la vapeur BP est correcte et que l'unité est en mode contrôle de pression, l'ouverture de la vanne d'isolement vapeur BP est autorisée. La commande d'ouverture consiste en impulsions d'ouverture suivies de délais de temporisation. Si le niveau du ballon BP atteint le seuil d'alarme haut pendant cette séquence d'impulsions/temporisations, la séquence d'ouverture est interrompue jusqu'à ce que le niveau du ballon redescende en dessous du niveau d'alarme. La séquence d'impulsions/temporisations continue jusqu'à ce que la vanne d'isolement BP soit grande ouverte.

L'ouverture de la vanne d'isolement BP permet d'alimenter le corps BP en vapeur produite par la chaudière. Lorsque la vanne d'isolement BP s'ouvre, la consigne de la vanne de by-pass *LPBV* est augmentée pour que la vapeur BP soit admise par la turbine et. la purge en amont de la vanne de contrôle *LPCV* se ferme.

La vanne d'admission de vapeur auxiliaire est fermée pour mettre fin à l'alimentation de vapeur auxiliaire depuis la chaudière auxiliaire quand la vanne de vapeur principale MCV dépasse 15% d'ouverture, que la turbine à vapeur est en *IPC* et que la vanne vapeur BP d'isolement chaudière est grande ouverte. Ces conditions permettent de s'assurer que de la vapeur de refroidissement est disponible en quantité suffisante pour le corps BP de la turbine à vapeur et que la tuyauterie BP reste pressurisée et chauffée après exécution de la séquence de purge de cette section. La vapeur à resurchauffer est admise comme vapeur auxiliaire quand ses conditions de pression et température sont acceptables.

16.2.9 Temps de démarrage (pour information)

Les temps estimés pour les différents types de démarrage sont donnés ci-après :

Période d'arrêt	8 heures ou moins	48 heures	72 heures ou plus
Temps de démarrage estimé	65 minutes	125 minutes	210 minutes

Les démarrages sont définis en fonction du temps d'arrêt de l'unité depuis son arrêt normal jusqu'à son redémarrage.

Démarrage chaud = de 0 à 8 heures d'arrêt,
Démarrage tiède = de 8 à 72 heures d'arrêt,
Démarrage froid = au delà de 72 heures d'arrêt.

A noter que tout démarrage entre 8 et 72 heures d'arrêt est considéré comme tiède. La durée de 48 heures d'arrêt a été retenue pour illustrer au mieux un démarrage tiède.

Les temps de démarrage cités plus haut sont donnés à titre indicatif et ne sont pas garantis. Ils correspondent au temps écoulé depuis le démarrage de la turbine à gaz à partir de la condition « prêt à démarrer » jusqu'à son fonctionnement en base avec la turbine à vapeur en contrôle de pression, les by-pass vapeur étant alors fermés. Ce temps n'inclut pas la fin plus lente de montée en charge de la turbine à vapeur (usuellement de 95% à 100%) qui suit l'arrivée en base de la turbine à gaz et qui traduit le retard du cycle eau-vapeur par rapport à la turbine à gaz, en particulier à cause de l'inertie de la chaudière. Le moment où la turbine à vapeur atteint sa base est de ce fait peu pratique pour les tests.

A noter que la pureté vapeur est supposée correcte au moment où les permissifs des autres systèmes de contrôle sont acceptables pour l'admission de vapeur dans la turbine à vapeur.

16.3 Arrêt normal du Cycle-Combiné

16.3.1 Introduction

Les objectifs de la procédure d'arrêt normal sont de maintenir la température de la turbine à vapeur et les pressions chaudière aussi élevées que possible de façon à faciliter un redémarrage ultérieur.

16.3.2 Baisse de charge de la turbine à gaz, de la turbine à vapeur, réactivation du contrôle de pression par les by-pass

Lorsqu'un ordre d'arrêt normal est reçu, la turbine à gaz baisse sa charge à un taux prédéfini. Le contrôle des contraintes de la turbine à vapeur fournit éventuellement un signal pour limiter la baisse de charge si la contrainte s'approche de la valeur maximale admissible.

Le contrôle de pression est transféré au by-pass HP et la vanne de vapeur principale MCV se ferme progressivement par réduction de la charge de référence.

La consigne du by-pass HRHBV est calculée pour que soit déviée une quantité proportionnée de vapeur depuis l'entrée du corps MP vers le condenseur.

Les vannes ICVs se ferment à cause du contrôle de charge. Quand le débit de référence au travers des vannes ICVs est de 30%, la mise hors service du corps HP est initiée. La vanne MCV est fermée et la vanne d'évacuation du corps HP (HPEV) s'ouvre pour maintenir le corps HP à la pression du condenseur.

La turbine à vapeur continue sa baisse de charge au moyen des vannes *ICVs* jusqu'à la charge minimale. La turbine à vapeur est ensuite isolée par la fermeture des vannes admission vapeur.

16.3.3 Fin de baisse de charge de la turbine à gaz, séquence de purge

Lorsque la vanne *MCV* est totalement fermée, la turbine à gaz est autorisée à poursuivre sa baisse de charge.

La purge en aval du siège de la vanne *MSV* ainsi que les purges en amont et aval du siège des vannes *ISV1* et *ISV2* s'ouvrent lorsque la vanne *MCV* est ouverte à moins de 30%.

La purge en amont du siège de la vanne *MSV* s'ouvre quand la vanne *MCV* est ouverte à moins de 15%.

16.3.4 Ouverture du disjoncteur, décélération, séquence de purge

La baisse de charge continue jusqu'à ce que la puissance en mégawatt soit proche de zéro. A ce moment-là, le signal " MW minimum " provenant du contrôleur de l'unité ouvre le disjoncteur de l'alternateur (le relais de retour de puissance étant un dispositif de secours). Lorsque la vapeur de refroidissement n'est plus nécessaire, la vanne *LCV* de la turbine à vapeur est fermée progressivement à une vitesse de 20%/minute. La vanne de by-pass *LPBV* s'ouvre à mesure que la pression augmente pendant la fermeture de la vanne *LCV*.

Après l'ouverture du disjoncteur, la turbine à gaz effectue un arrêt normal: sa vitesse décroît jusqu'à la perte naturelle de la flamme entraînant alors le déclenchement de l'unité vers environ 50% de sa vitesse. Lors du déclenchement, la vanne d'isolement chaudière de la vapeur BP est fermée. Certaines vannes de purges sont fermées.

Après déclenchement, l'unité descend en roue libre jusqu'à la vitesse nulle, vitesse à laquelle le vireur est enclenché. Cela termine la procédure d'arrêt normal.

16.4 Fonctionnement et protections:

16.4.1 Déclenchement de la turbine à gaz:

La conséquence première d'un ordre de déclenchement TG est la fermeture immédiate des vannes d'admission de gaz de la TG ainsi que des vannes d'admission de vapeur de la TV (déclenchement de la ligne d'arbre). Les vannes de by-pass s'ouvrent pour limiter l'augmentation des pressions vapeur due à l'inertie thermique de la chaudière.

16.4.2 Déclenchement de la chaudière:

L'action d'une protection sur la chaudière (par exemple un niveau ballon très bas) est le déclenchement de la ligne d'arbre.

16.4.3 Déclenchement de la turbine à vapeur:

L'action d'une protection sur la turbine à vapeur est le déclenchement de la ligne d'arbre (TG et TV). Les vannes de by-pass s'ouvriront à moins que le condenseur ne soit pas disponible pour recevoir la vapeur.

16.4.4 Ouverture du disjoncteur HT:

L'ouverture du disjoncteur HT conduit au fonctionnement en mode iloté du cycle-combiné. Lors d'un délestage jusqu'à l'îlotage, la charge maximale initialement disponible est d'environ 10 MW (puissance électrique des auxiliaires du cycle-combiné). L'unité fonctionnera en mode statisme.