

Stratégie d'exploitation et maintenance des puits Ittigen-A géothermal installation

Maître d'ouvrage: Nom

12-03-2018

Ingénieur forage: Nom

Ingénieur réservoir: Nom

Superviseur d'exploitation: Nom

Chef de projet: Nom

Ce document est un exemple, qui est destiné à servir comme modèle de "stratégie d'exploitation et de maintenance de puits" pour les projets et les opérations de forage/puits de géothermie profonde.

- Le but de ce document est d'informer les Canton Suisses dans leur travail d'autorisation, sur ce qui pourrait être présenté par un maître d'ouvrage comme stratégie d'exploitation et de maintenance de puits. Durant les opérations de production/injection, ce document peut servir de support pour la surveillance des activités.
- Ce document vise à démontrer la capacité et la préparation d'un maître d'ouvrage à gérer les activités d'exploitation et de maintenance.
- Le niveau de détails présenté dans un tel document doit être ajusté en fonction des dangers et des risques associés à la construction et l'exploitation des puits. (par exemple un puits avec une probabilité significative d'exposition au gaz naturel aura un profil de risque et un plan différent d'un puits d'eau non-artésien)
- Le contenu de ce document est fictif et doit être remplacé avec des informations réelles.

Abréviation	2
1. Système de puits	3
1.1. Description des puits	3
1.1.1. Détails des puits - Ittigen-01 production	4
1.1.2. Détails des puits - Ittigen-02 injection	7
1.2. Interface des équipements de surface	8
2. Opération des puits	9
2.1. Démarrage / arrêt	9
2.2. Limites opérationnelles	10
2.3. Arrêt d'urgence	10
2.4. Surveillance	11
2.5. Situation anormale	12
3. Maintenance des puits	12
4. Equipe d'exploitation	13
5. Transfer d'opération	13
6. Annexe	14

Abréviation

MD = measured depth = profondeur mesurée

TVD = True vertical depth = profondeur verticale réelle

RKB = rotary kelly bushing = en référence à la fourrure de transmission

GL = ground level = en référence au niveau du sol

TD = total depth = profondeur finale

BOP = Blowout preventer = bloc d'obturation du puits

s.g. = standard gravity = gravité standard (pour un fluide: ratio entre la densité du fluide et la densité de l'eau)

Logging = mesure de paramètres du souterrain (aussi appelé diagraphie)

Wireline = câble de descente d'équipement dans le puits

Liner = tubage ancré dans le tubage supérieur (et non pas jusqu'à la tête de puits)

Liner hanger = Équipement permettant l'ancrage du liner

Packer = Équipement fait d'élastomère permettant d'assurer l'isolation entre deux tubages

Kick = venue de fluide dans le puits (eau, gaz...)

Mudlogging = mesure des paramètres de boue. Plus généralement de l'ensemble des paramètres associés au forage

Master valve = vanne maitresse

Wing valve = vanne de production

Kill valve = vanne d'accès latérale (pour pouvoir tuer le puits)

Swab valve = vanne d'accès supérieur

Accident = Un événement, non souhaité, aléatoire et fortuit, qui apparaît à la suite d'une ou plusieurs causes, et qui entraîne des dommages vis-à-vis des personnes, des biens ou de l'environnement.

Incident = Événement inattendu ayant une faible influence (à la différence de l'accident qui en a une forte) ou événement peu important en lui-même, mais susceptible d'entraîner de graves conséquences.

1. Système de puits

Concession: [BE-99877-ITTG-2019](#)

Installation: [Ittigen-A](#), geothermiestrasse 23, 3063 Ittigen, Bern

Maître d'ouvrage: [Ittigen Géothermie AS](#)

Puits d'exploitation:

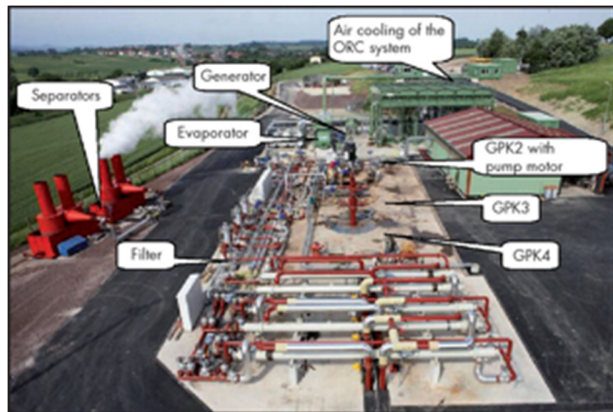
- [Ittigen-01](#) (injection)
- [Ittigen-02](#) (production)
- [Ittigen-03](#) (puits de surveillance)

1.1. Description des puits

Les puits [Ittigen-01](#) et [Ittigen-02](#) fonctionne comme doublet. Ainsi, l'eau extraite du puits [Ittigen-02](#) est intégralement réinjectée dans le puits [Ittigen-01](#) (boucle fermée).

Le puits [Ittigen-03](#) est un puits d'exploration reconverti en puits de surveillance.

Ci-dessous sont présentées les photos des puits au sein de l'installation géothermale:



Source :

<http://www.bine.info/en/publications/publikation/geothermische-stromerzeugung-in-soultz-sous-forets/> and www.20minutes.fr

A cause de la présence de faible quantité de gaz naturel dans l'eau géothermale, un système de séparation a été installé en surface pour pouvoir capter ce gaz et limiter les risques de corrosion. Le volume associé de gaz est estimé à quelques litres par jours et sera traité par la raffinerie de Ittigen.

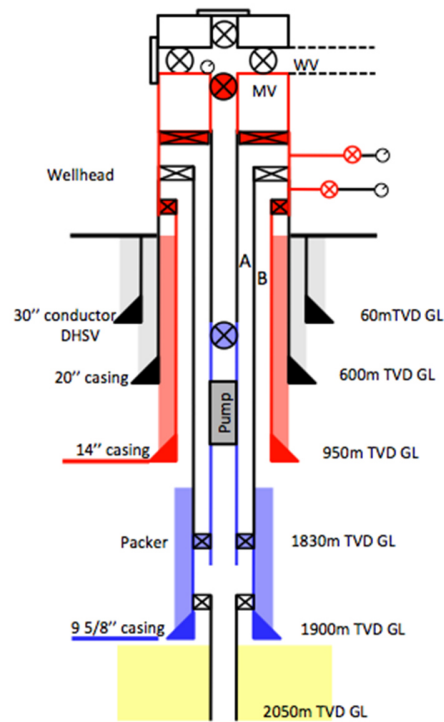
Les puits ont été construits avec deux barrières de puits, à cause de la pression artésienne naturelle ; 32 bars en surface.

1.1.1. Détails des puits - Ittigen-01 production

Le puits a été construit pour pouvoir résister à:

- *Une pression de surface de 50 bars*
- *Une température de surface de 175 degrés C*

Ce puits contient une pompe submergée, qui permet d'augmenter le débit de production. Une colonne de production a été installée entre la tête de puits et jusqu'à 1830 m MD GL pour protéger le tubage de production de la corrosion. Un schéma des barrières de puits est présenté ci dessous:

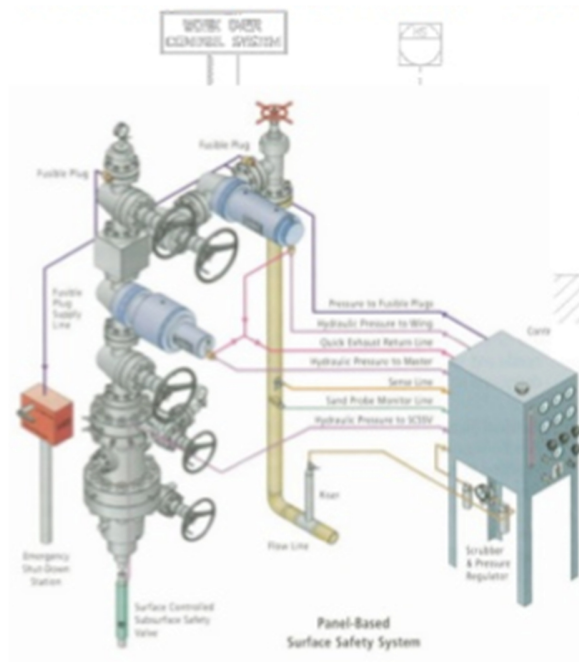


L'enveloppe bleue représente la barrière primaire, avec un élément actionnable (DHSV: Downhole safety valve = vanne de sûreté souterraine)

L'enveloppe rouge représente la barrière secondaire, avec 3 éléments actionnables (Vanne maitresse, Vanne de l'annulaire A, vanne de l'annulaire B).

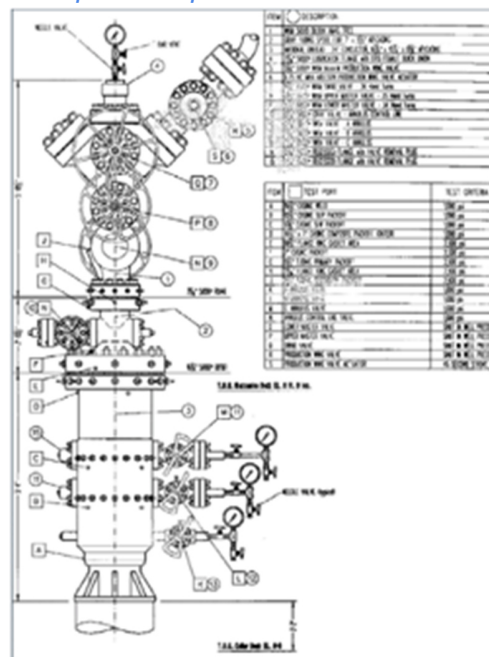
Référence est faite à la stratégie de sûreté de puits pour plus d'information sur les barrières de puits.

Le schéma de tête de puits est présenté ci dessous:



Source: <https://www.slideshare.net/SachinRasane1/isasachinupstreamonshoreppt>

Le dessin technique de la tête de puits est présenté ci-dessous:



Source: <http://www.doyenoilfield.com/services/wellhead-maintenance-integrity-management/>

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

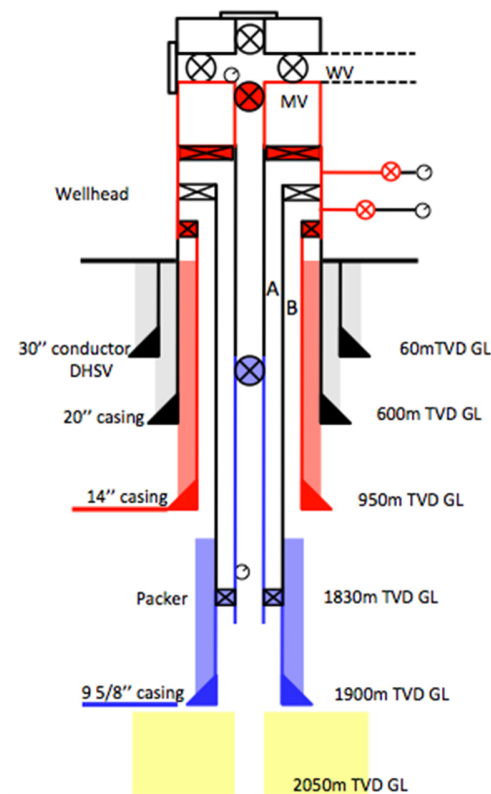
- Détails de la complétion du puits
- Détails de la pompe souterraine

1.1.2. Détails des puits - Ittigen-02 injection

Le puits a été construit pour pouvoir résister à:

- *Pression de surface de 150 bars*
- *Température de surface de 175 degrés C*

Une colonne de production a été installée entre la tête de puits et jusqu'à 1830 m MD GL pour protéger le tubage de production de la corrosion. Un schéma des barrières de puits est présenté ci dessous:



L'enveloppe bleue représente la barrière primaire, avec un élément actionnable (DHSV: Downhole safety valve = vanne de sûreté souterraine)

L'enveloppe rouge représente la barrière secondaire, avec 3 éléments actionnables (Vanne maitresse, Vanne de l'annulaire A, vanne de l'annulaire B).

Référence est faite à la stratégie de sûreté de puits pour plus d'information sur les barrières de puits.

Référence est faite aux détails de la tête de puits de Ittigen-01, qui est le même modèle que pour le puits Ittigen-02.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *Détails de la complétion du puits*

1.2. Interface des équipements de surface

Le puits est connecté aux installations de surface par:

Conduites:

- *Conduite de production - connecté à l'échangeur de chaleur*
- *Conduite de "kill" - connecté à une pompe hydraulique utilisé pour égaliser la pression de part et d'autre des vannes et pouvoir les opérer de façon sûre.*
- *La conduite de l'annulaire-A, utilisé pour pouvoir évacuer l'excès de pression dans l'annulaire A (effet de température).*

Lignes hydrauliques:

- *La vanne de production et la vanne maitresse sont toutes les deux opérées par des pistons hydrauliques. Les lignes de contrôle hydrauliques associées sont connectées à la tête de puits.*
- *La vanne souterraine (DHSV: Downhole safety valve = vanne de sûreté souterraine) est opérée par un système hydraulique connecté à la tête de puits.*

Câble électrique:

- *Pour apporter l'énergie à la pompe souterraine, un câble électrique est connecté à la tête de puits et descend le long de la colonne de production.*

Capteurs:

- *Des capteurs de pression et température sont connectés à la tête de puits (cavité centrale et aux annulaires).*
- *Des manomètres sont connectés au niveau de la vanne de "kill" et de la vanne de "swab"*
- *Un débitmètre est installé sur la conduite de production*

Limite du "système des puits":

Le "système des puits" englobe tous les équipements en souterrain, et tous les équipements de surface jusqu'à la bride de la vanne de production.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *La présentation d'un schéma de type P&ID*
- *Les cas de production de gaz associé (CO₂, gaz naturel...) et leur gestion en surface.*

2. Opération des puits

2.1. Démarrage / arrêt

Procédure de démarrage:

Pour chaque “mise en marche” de l’installation, les puits Ittigen-01 et Ittigen-02 seront mis en route selon la séquence suivante:

- *Ouverture de la vanne de production, puis de la DHSV de Ittigen-02 (injection)*
- *Ouverture de la vanne de production, puis de la DHSV de Ittigen-01 (production)*
- *Fermeture de la vanne “de production de Ittigen-01 (producteur)*
- *Démarrage de la pompe souterraine de Ittigen-01 (débit minimum); confirmation du fonctionnement*
- *Ouverture de la vanne de production de Ittigen-01 (production)*
- *Confirmation de la circulation*
- *Démarrage de la pompe d’injection de surface (débit faible); confirmation du fonctionnement*
- *Augmentation lente et séquentielle des pompes souterraine et d’injection; vérification des paramètres*
- *Après stabilisation de l’injection, démarrage du circuit secondaire de l’installation géothermique.*
- *etc....*

Durant la procédure de démarrage, à cause de l’augmentation de la température, la pression dans les annulaires augmentera au dessus de la limite acceptable. La pression dans ces mêmes annulaires sera purgée périodiquement.

Procédure d'arrêt:

- *Ralentissement lent et séquentiel des pompes souterraines et d’injection.*
- *Arrêt de la pompe d’injection*
- *Arrêt de la pompe souterraine*
- *Fermeture de la vanne de production de Ittigen-01 et réalisation du test d’étanchéité*
- *Fermeture de la DHSV de Ittigen-01 et réalisation du test d’étanchéité*
- *Fermeture de la vanne de production de Ittigen-02 et réalisation du test d’étanchéité*
- *Fermeture de la DHSV de Ittigen-02 et réalisation du test d’étanchéité*

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *La présentation des procédures de démarrage et d’arrêt en annexe*
- *Calcul de pression annulaire maximale*
- *Référence à la procédure de mise en route de l’ensemble de l’installation géothermique.*
- *Référence à la procédure de test des vannes*
- *Procédure de nettoyage des puits (et les équipements spécifiques)*

- Possibilité d'injection de nitrogène dans les annulaires pour limiter les variations de pression.

2.2. Limites opérationnelles

Pression maximale de tête de puits:

Ittigen-01 (production): 50 bars

Ittigen-02 (injection): 150 bars

Pression maximale et minimale des annulaires:

Ittigen-01 et Ittigen-02: 5 / 30 bars

Température maximale en tête de puits:

Ittigen-01 et Ittigen-02: 175 degrés C

Débit maximal:

Ittigen-01 et Ittigen-02: 4.000 m³/jour

Pression d'injection maximale de Ittigen-02:

- 82 bars (surface) / 294 bars (à la profondeur de l'aquifère)
- Avec une surveillance des paramètres dynamiques d'injection

Composition de l'eau:

- Gaz associés maximum: 50 l / min (capacité maximale de l'installation)
- CO₂ dissous maximum: 30.000 ppm (risque de corrosion élevé)
- H₂S dissous maximum: 30.000 ppm (risque de corrosion élevé)
- Turbidité maximale: 500 NTU
- pH min/max: 4,8 / 9,2
- Activité microbienne: ...
- etc...

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- Limites associées aux risques identifiés pour les puits (référence à l'analyse de risque)

2.3. Arrêt d'urgence

Le système d'arrêt d'urgence peut être activé indépendamment par:

- Un opérateur de la salle de contrôle (à distance)
- Un opérateur sur site (boutons d'arrêt d'urgence)
- Le système de détection de fuite du circuit primaire et secondaire
- etc...

La séquence du système d'arrêt d'urgence est:

- *L'arrêt de la pompe souterraine et de la pompe d'injection*
- *La fermeture des vannes DHSV des deux puits (Arrêt +10s)*
- *La fermeture des vannes de production des deux puits (Arrêt +20s)*
- *La fermeture des vannes maitresses des deux puits (Arrêt +40s)*
- *La surveillance des paramètres des puits pendant 30 min / jusqu'à une stabilisation des pressions et températures.*
- *Un diagnostic de la situation*

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *Valeur des alarmes et paramètres reliés a une alarme.*
- *Le captage de fuite de fluide dangereux / polluant.*

2.4. Surveillance

Durant l'exploitation, les paramètres suivant seront surveillés:

Surveillance en continue:

- *Pression et température aux têtes de puits Ittigen-01 et Ittigen-02*
- *Pression et température en profondeur du puits Ittigen-02*
- *Débit en surface (mesuré au puits Ittigen-01)*
- *Paramètres de la pompe souterraine du puits Ittigen-01*
- *...*

Surveillance journalière:

- *Composition du fluide: pH, minéralité, conductivité...*
- *Pression des annulaires des puits Ittigen-01 et Ittigen-02*
- *...*

Surveillance hebdomadaire:

- *Indicateur de la sonde de corrosion*
- *Indicateur de la sonde de dépôt*
- *Pression de tête de puits Ittigen-03 (puits de surveillance)*

Surveillance mensuelle:

- *Composition détaillée du fluide (échantillon et analyse en laboratoire)*

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *Surveillance à distance de l'exploitation et ses limitations*

2.5. Situation anormale

En cas de situation anormale, la procédure suivante sera suivie:

- Paramètre opérationnel anormal (pression, température, activité sismique...)
- Réalisation d'un diagnostic initial
 - Situation comprise → évaluation du niveau de risque → actions correctives (arrêt, inspection...)
 - Situation non-comprise → évaluation du niveau de risque
 - Risque négligeable → Continuation du diagnostic
 - Risque non-négligeable → Arrêt des opérations et continuation du diagnostic

En cas de risque non-négligeable, une notification de situation anormale sera envoyée aux autorités locales:

- Risque "acceptable": email à la commune / Canton
- Risque "acceptable avec précaution": email + réunion d'information à la commune / Canton
- Risque "non-acceptable": téléphone + email + réunion d'information à la commune / Canton

L'évaluation du risque sera faite selon la matrice de risque, présenté dans la stratégie de gestion des risques.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- Présentation d'un processus pour la gestion des situations anormales

3. Maintenance des puits

La maintenance suivante sera planifiée et exécutée:

Inspection visuelle des têtes de puits - Hebdomadaire

- Inspection visuelle
- Vérification des pressions et températures durant la semaine passée

Test des vannes - mensuel

- Test fonctionnel de toutes les vannes (vérification du temps de réponse)
 - Cette maintenance sera étendue à tous les 3 mois après 3 tests consécutifs positifs
- Test avec pression différentielle des vannes de production et maitresse.
 - Cette maintenance sera étendue à tous les 3 mois après 3 tests consécutifs positifs

*Inspection de la tête de puits et tests des joints - **Annuel***

- *Inspection visuelle détaillée (sous-traitant spécialisé)*
- *Graissage des vannes*
- *Test de pression des joints*
- *Test avec pression différentielle de toutes les vannes*
- *Test de pression de l'annulaire-A*

*Inspection de la corrosion de la colonne de production - **Biannuel***

- *Diagraphie de l'épaisseur de la colonne de production ("multi-finger caliper" et "USIT")*
 - *Cette maintenance sera étendue à tous les 4 ans si la tendance de corrosion se révèle très faible.*

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *Maintenance préventive / corrective / prédictive*

4. Equipe d'exploitation

L'équipe d'exploitation est constituée de:

- *1 ingénieur d'exploitation (sur site)*
 - *3 opérateurs (sous-traitant: Ittigen inspection AG)*
 - *1 ingénieur maintenance*
 - *1 laborantin (sous-traitant: Ittigen laboratoire AG)*
 - *1 chef d'exploitation*
- + *Equipe de garde 24/24 (sous-traitant: Ittigen maintenance AG)*

L'équipe de garde surveille les paramètres d'exploitation à distance, et réagit en cas de problème.

Le chef d'exploitation assure la coordination du travail avec le reste de l'entreprise.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *Un schéma d'organisation de l'équipe peut être présenté.*

5. Transfer d'opération

Un processus de "transfert d'opération" / "transfert de responsabilité" sera fait a chaque fois qu'un puits sera opéré par une autre équipe que celle d'exploitation (intervention sur câble, injection dans le puits, changement de colonne de production....)

Ce processus capturera le statut du puits au moment où la responsabilité du puits se transférée entre l'équipe d'exploitation vers une autre équipe.

Ce "transfert d'opération" capturera:

- La complétion du puits*
- La connexion du puits avec les équipements de surface*
- La connexion du puits avec l'aquifère*
- La position de toutes les vannes du puits*
- La dégradation du puits*
- Le niveau de risque associé au puits*

Toutes ces informations seront incluses dans le documents "d'information clés de puits", qui sera mis a jours avec les informations exactes du puits au moment même du transfert d'opération.

6. Annexe

Les procédures opérationnelles clés peuvent être ajoutée en annexe.