

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 58 (1967)
Heft: 22

Artikel: L'automatisation dans l'exploitation des centrales électriques, des stations de couplage et des lignes de transport
Autor: Remondeulaz, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916296>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

So zahlreich und vielschichtig die Probleme der Automatisierung sind, so hoch und mannigfaltig sind die Anforderungen an die Automatikgeräte. Gemeinsam ist für alle Apparate die Forderung nach höchster Betriebssicherheit. Gemeinsam ist auch das Verlangen nach grösster Einfachheit im Aufbau und in der Wartung. Da es sich dabei meistens um die Beherrschung komplexer Prozesse handelt, ist diese Forderung erst nach gründlicher Analyse des Prozessablaufs und nach Prüfung und Kombination von Lösungsmöglichkeiten erfüllbar. Jedenfalls ist es müssig, für Automatik-Geräte einen Gewichtspreis zu errechnen; in vielen Fällen wird das Gewicht umgekehrt proportional zum Aufwand sein.

Unterschiedlich sind die Anforderungen in bezug auf Arbeitsgeschwindigkeiten. Wenn für gewisse Funktionen im Kraftwerkbetrieb, und besonders bei Optimierungsaufgaben, der Geschwindigkeit nur sekundäre Bedeutung zukommt, so ist sie bei der Überwachung und Steuerung von Unterwerken und Netzen ausschlaggebend. Rasche Übertragung der Meldungen, rasche Ausgabe der Schaltbefehle und Durchführung letzterer sind für die Aufrechterhaltung des Netzes oft entscheidend.

Ich habe das Bild des weiten Bereiches der Automatisierung und Übertragung von Information in Kraftwerken und Verteilnetzen skizziert, um zu zeigen, vor welcher schwieriger Situation wir bei der Organisation einer zweektägigen Diskussionsversammlung über dieses Thema standen. Wir waren uns darüber im klaren, dass wir keine auch nur einigermaßen vollständige Orientierung über den Problemkreis bieten können. Um trotzdem einen Überblick über das Gebiet zu vermitteln, wird ein Vertreter der Elektrizitätswerke die Problemstellung aus seiner Sicht behandeln und anschliessend ein Vertreter der Hersteller solcher Anlagen den technischen Aufbau der Systeme und die dabei auftretenden Probleme erläutern. In den folgenden Vorträgen werden als Beispiele einige Realisationen besprochen. Der zweite Tag der Diskussionsversammlung wird ganz der Übertragung von Information gewidmet werden.

Mit Absicht, auch im Sinne einer Beschränkung, haben wir auf die Einladung von ausländischen Spezialisten verzichtet. Es hätte dies den Rahmen dieser Veranstaltung gesprengt.

Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. W. Lindecker, Direktor der Elektro-Watt AG, Postfach, 8022 Zürich.

L'automatisation dans l'exploitation des centrales électriques, des stations de couplage et des lignes de transport

Conférence donnée à l'Assemblée de discussion de l'ASE le 19 septembre 1967 à Zurich,

par J. Remondeulaz, Lausanne

65.011.56 : 621.39 : 621.31

1. Introduction

La gestion des différents aménagements d'une importante entreprise d'électricité peut être comparée à la conduite d'un complexe industriel. Tout, c'est-à-dire tout ce qui est possible, doit être mis en œuvre pour assurer, garantir, dans les meilleures conditions, la production et la livraison d'un produit fini au prix le plus bas. Le produit fini, livré par une entreprise d'électricité, est le kWh.

Autrement dit: sécurité dans la livraison et prix minimum du kWh livré sont 2 critères majeurs dans la politique d'exploitation des aménagements électriques existants et dans la planification de l'exploitation des aménagements futurs.

Les solutions choisies pour satisfaire à ces critères sont largement dépendantes des possibilités offertes par l'automatisation.

2. Développement

2.1 Considérations techniques

2.1.1 Définition de l'automatisation

Automatiser, c'est introduire dans l'équipement d'un aménagement électrique, des dispositifs capables de fonctionner sans l'intervention directe de la volonté d'un opérateur.

2.1.2 Différents types d'automatismes

Un fusible est donc un appareil automatique. Un relais de protection, un régulateur, sont aussi des appareils automatiques, plus compliqués il est vrai. Incorporés dans un même circuit électrique, de tels appareils composent une chaîne automatique.

On distingue en fait 2 types d'automatismes:

- Les automatismes à séquences ou à opérations successives;
- les automatismes de réglage.

L'utilisation de ces automatismes dans l'équipement des usines et des stations de couplage augmente la sécurité de fonctionnement de ces aménagements tout en facilitant le travail des opérateurs.

2.1.3 Hiérarchie dans l'automatisation

L'importance de la tâche imposée aux opérateurs permet de classer, de hiérarchiser une installation en fonction de son automatisme.

a) Installation avec commande locale et surveillance continue

L'équipement d'une telle installation peut être plus ou moins automatisé mais son exploitation nécessite la présence continue d'un opérateur.

b) Installation avec commande à distance et surveillance temporaire

En substituant à la commande locale une commande à distance, il est possible de remplacer la surveillance continue par une surveillance temporaire. Il s'agit dans ce cas d'une installation avec commande à distance et surveillance temporaire.

c) Installation avec commande à distance et automatisme local

En introduisant dans l'équipement un automatisme local adéquat, la surveillance temporaire peut être supprimée. Il s'agit alors d'une installation avec commande à distance et automatisme local.

d) Installation ayant son automaticité propre

La diminution de l'importance de la commande à distance au profit de celle de l'automatisme local conduit à l'indépendance de l'installation. C'est le cas d'une installation ayant son automaticité propre.

Ce système permet une exploitation selon un programme bien défini.

e) Installation ayant son automaticité propre avec commande à distance

S'il y a lieu de modifier ce programme sans que cette opération nécessite une surveillance quelconque, l'exploitant fera le choix d'une installation ayant son automaticité propre avec commande à distance.

En cas de panne de la télécommande, l'installation est maintenue automatiquement en exploitation.

Ce classement laisse entrevoir les avantages de l'automatisation.

2.2 Avantages de l'automatisation

Quels sont les avantages de l'automatisation dans l'exploitation d'aménagements électriques?

Ainsi qu'il est mentionné ci-dessus, l'automatisation conduit à une amélioration des conditions d'exploitation, amélioration permettant certaines économies de gestion.

Il s'agit en fait d'avantages techniques desquels découlent des avantages d'ordre économique et social.

2.2.1 Avantages d'ordre technique

Les avantages techniques d'un automatisme quelconque devraient pouvoir être qualifiés de la façon suivante:

- a) sûreté
- b) rapidité
- c) précision
- d) fiabilité
- e) sécurité

dans l'exécution de certaines manœuvres programmées, ce qui conduit à une utilisation rationnelle, tant des ouvrages de production, de transformation et de transport d'énergie que du personnel affecté à l'exploitation de ceux-ci.

Par ailleurs, l'automatisation locale, doublée des télécommandes et téléinformations nécessaires, permet de regrouper des aménagements bien distincts sous la direction d'un centre d'exploitation et d'entretien unique.

2.2.2 Avantages d'ordre économique

L'aspect économique peut être envisagé de la manière suivante: L'automatisation peut conduire:

soit à un gain de production,
soit à une réduction de main-d'œuvre, à production équivalente, avec les conséquences diverses d'une telle réduction.

2.2.2.1 *Gain de production.* Il y a lieu de considérer l'incidence de l'automatisation

- a) tant sur un aménagement distinct
- b) que sur un groupe d'aménagements.

Voici quelques exemples relatifs à l'amélioration de la productivité d'aménagements distincts:

a) Diminution des quantités d'eau déversées dans les centrales au fil de l'eau par une automatisation locale.
Le gain peut atteindre 10 %.

b) Diminution de la consommation de combustible utilisé pour le démarrage d'un groupe thermique par l'automatisation du démarrage.

c) Diminution de la consommation moyenne de combustible en exploitation normale, par l'utilisation d'automatismes tels que: réglage automatique de la combustion, de l'état de vapeur, etc.

d) Diminution des pertes par un contrôle automatique de l'état du matériel, contrôle permettant le remplacement en temps voulu d'éléments usés.

Voici quelques exemples concernant l'amélioration de la productivité d'un groupe d'aménagements:

a) Augmentation du rendement moyen de groupes électrogènes en exploitation par le télé-réglage de leur puissance active ou réactive.

b) Augmentation de la production d'un groupe d'usines en cascade par la commande centralisée.

c) Augmentation de la production d'une entreprise par la gestion automatique, réalisée par un centre de calcul permettant un traitement rapide des informations transmises automatiquement par tous les aménagements de l'entreprise, et par extension, étant donné les possibilités immenses des calculatrices électroniques,

d) Augmentation de la productivité d'un groupe d'entreprises électriques d'un même réseau interconnecté, par la gestion automatique exécutée d'un centre unique, de leurs différents aménagements.

2.2.2.2 *Réduction de main-d'œuvre.* L'automatisation conduit inexorablement à la rationalisation de l'exploitation, tant d'un aménagement distinct que d'un ensemble d'aménagements.

L'exploitation d'une usine électrique ou d'une station de couplage nécessite habituellement du personnel d'équipe et du personnel d'entretien.

Le personnel d'équipe est composé généralement d'agents sans grande formation technique, affectés à un travail de routine (contrôles, manutention, démarrage, arrêt de groupes électrogènes, relevé de compteurs, etc.).

Le personnel d'entretien est par contre davantage spécialisé. Les différentes tâches constituant la fonction du personnel d'équipe peuvent être aisément exécutées par des automatismes. Le recours à cette solution permet de diminuer l'effectif du personnel d'équipe, voire même, dans certains cas, de supprimer complètement cette fonction. Il en résulte ainsi une économie de main-d'œuvre.

De même, les possibilités de regroupement de différents aménagements électriques sous la direction d'un centre unique d'exploitation qu'offre l'automatisation, permettent de rationaliser l'utilisation du personnel affecté au travail d'entretien, par la création de centres spécialement équipés pour ce travail. D'où une deuxième économie de main-d'œuvre.

Les conséquences d'une telle politique d'exploitation ne sont pas à négliger. Elles sont encore d'ordre économique et d'ordre social, comme nous le verrons plus loin.

En effet, la situation géographique d'un aménagement électrique contraint souvent la direction d'une entreprise à la réalisation de logements de service pour le personnel d'exploitation. Généralement, cette solution est envisagée lorsque l'aménagement en question est installé dans une région isolée, ce qui est bien souvent le cas en ce qui concerne les usines à accumulation. Se posent alors d'autres problèmes, sociaux, techniques et administratifs dont la solution conduit à des investissements plus ou moins importants. Si l'automatisation d'un tel aménagement permet de renoncer à cette main-d'œuvre, tous ces investissements peuvent être épargnés, ce qui représente une économie appréciable.

2.2.3 Aspect social

2.2.3.1 *Libération de main-d'œuvre pour une autre utilisation.* L'automatisation permet une réduction de la main-d'œuvre, plus spécialement de celle utilisée dans le cadre du travail continu, c. à d. le travail de routine. La suppression de cette classe de travail engendre indirectement une augmentation de la qualité moyenne de la main-d'œuvre maintenue; en définitive, la diminution de la quantité aboutit à une augmentation de la qualité. Le problème d'un surplus de main-d'œuvre ne se posant pas en Suisse, l'ouvrier trouverait ainsi un intérêt accru dans son travail. Aussi, a-t-on moralement le droit de maintenir une organisation nécessitant du personnel chargé d'un travail de routine, alors qu'on pourrait substituer à ce personnel différents automatismes?

Par ailleurs, à une époque où la main-d'œuvre est si recherchée dans notre pays, a-t-on moralement le droit de ne pas entreprendre tout ce qui est possible pour rationaliser l'utilisation de cette main-d'œuvre?

Actuellement, les entreprises d'électricité font un réel et gros effort dans l'optique de cette considération. Il reste cependant beaucoup à faire et pas toujours dans de bonnes conditions.

S'il est relativement facile d'équiper une nouvelle installation d'automatismes permettant de rationaliser son exploitation, cette même rationalisation rencontre certaines difficultés lorsqu'il s'agit de la modernisation d'anciennes installations. Dans ce cas, le remplacement du personnel, sa transplantation, posent toujours des problèmes d'ordre social, souvent insolubles. Cette situation ralentit forcément l'effort de rationalisation car elle conduit à une modernisation par étape, aucun gain immédiat ne justifiant la mise en place d'un équipement susceptible de donner à l'installation son automaticité propre.

Il est certain qu'une importante main-d'œuvre pourrait être libérée par les entreprises suisses d'électricité pour une utilisation plus efficace, plus intelligente, soit dans la même entreprise, soit ailleurs. Cette libération demande toutefois du temps.

2.2.3.2 Protection physique. Il y a lieu aussi de relever le rôle de l'automatisation dans le domaine de la protection physique du personnel d'exploitation des installations électriques. Il s'agit généralement d'automatismes simples dont l'importance est souvent capitale.

2.3 Inconvénients de l'automatisation

Bien que d'aspect simple, un automatisme est toujours plus ou moins compliqué. En outre, il complique encore les installations dans lesquelles il est incorporé.

L'utilisation d'un plus grand nombre d'appareils accroît nécessairement les risques de pannes et la recherche du défaut est d'autant plus difficile que les installations sont complexes. On peut donc classer les inconvénients de la manière suivante:

- a) Complexité des installations
- b) Augmentation du risque de panne
- c) Obligation pour l'exploitant d'avoir recours, bien souvent, à des spécialistes, tant pour l'entretien de l'appareillage que pour la détection des défauts.

Toutefois, un seul de ces inconvénients est d'importance majeure: le risque de panne. L'utilisateur d'un automatisme quelconque aimerait parfois chiffrer, donner une grandeur relative à ce risque de panne avant de prendre la décision d'utiliser cet automatisme, ou, au contraire, de ne pas l'utiliser. Ce phénomène d'indécision est compréhensible si on considère les expériences faites avec certains automatismes.

Il y a donc lieu de préciser les exigences que l'utilisateur est en droit d'attendre d'un automatisme.

2.4 Exigences de l'utilisateur d'un automatisme

2.4.1 Caractéristiques techniques

2.4.1.1 La qualité. Un automatisme ne peut admettre la médiocrité. Il y a donc lieu de rechercher la qualité:

- a) Qualité dans le personnel chargé de l'étude et de la réalisation d'un appareil équipant un automatisme, ou l'automatisme même.
- b) Qualité dans le matériel utilisé.
- c) Qualité dans le montage.

2.4.1.2 La fiabilité. En plus des caractéristiques techniques exigées d'un automatisme, l'exploitant désire le maximum de fiabilité.

L'automatisme doit lui faire confiance. Les appareils qui l'équipent doivent être robustes.

Cette exigence a été mentionnée comme avantage de l'automatisme. Comme avantage, parce que, en toute objectivité, dans bien des cas, un automatisme remplace avantageusement un agent réagissant d'une façon malheureuse lors de perturbations; comme exigence pour bien souligner l'importance de ce facteur.

2.4.1.3 La fidélité. Un automatisme doit absolument être fidèle au programme qui lui est fixé. En aucun cas il ne doit s'écarter de ce programme, même si des conditions externes sont temporairement modifiées.

2.4.1.4 La simplicité. Bien qu'un automatisme soit toujours plus ou moins compliqué, les constructeurs devraient faire en sorte qu'il soit le plus simple possible. Ils devraient aussi faire en sorte qu'il soit adapté aux besoins réels des utilisateurs, afin de maintenir un prix de fabrication minimum.

2.4.1.5 L'ordre. Un appareil automatique, un automatisme complet, doivent présenter de l'ordre, tant dans la schématisation que dans l'exécution. La détection d'une panne en sera facilitée.

Afin de limiter l'inconvénient d'un défaut, un automatisme doit être réalisé de façon telle qu'il ne s'imbrique pas dans les circuits de la commande manuelle. La commande automatique et la commande manuelle doivent être indépendantes.

Par ailleurs, la conception d'un automatisme doit permettre l'interchangeabilité rapide d'éléments défectueux. Ceci exige un stock facilement disponible d'éléments de réserve chez l'utilisateur, à la rigueur même chez le constructeur.

2.4.1.6 La logique. La logique, dans le choix des éléments constituant une chaîne automatique.

Prenons le cas d'un automatisme composé d'éléments du type numérique et d'éléments du type analogique; ces derniers fonctionnent avec une sensibilité, une précision grossière, du moins qui ne peuvent en aucun cas être comparées aux caractéristiques des éléments numériques.

D'autres cas analogues concernent la rapidité et la sécurité de fonctionnement d'appareils, des relais par exemple.

«Qui peut le plus peut le moins» pourrait-on répondre à ces remarques; mais en l'occurrence, précision et rapidité coûtent fort cher, parfois inutilement.

La logique aussi, dans le choix des critères de fonctionnement de l'automatisme. Un automatisme doit être fonctionnel. Par exemple, le défaut qui est le plus souvent à l'origine d'une avarie d'un enroulement statorique d'un générateur est un court-circuit entre une phase et la terre. Ce défaut doit donc servir de point de départ en ce qui concerne la protection de cet élément de machine.

2.4.2 Normalisation

Les automatismes effectuant des opérations successives, selon une séquence bien définie, utilisent des verrouillages, des contacteurs de fin de course ou d'autres appareils de ce genre, qui peuvent être nommés organes de détection.

Ces organes de détection ne doivent pas seulement satisfaire aux exigences précisées, mais doivent en outre être disposés géographiquement en quelque sorte, sur l'appareils qu'ils surveillent de façon qu'ils remplacent effectivement le contrôle visuel d'un opérateur.

Cette disposition est très importante; si elle est mal choisie, elle peut conduire à des accidents plus ou moins graves.

Aussi, n'y aurait-il pas lieu de prescrire aux constructeurs la position de tels organes de détection, d'une manière technique, bien entendu; de prescrire des schémas types pour des automatismes de ce genre? Ces prescriptions, établies d'un commun accord entre constructeurs et utilisateurs, dans le cadre de l'ASE par exemple, préciseraient une fois pour toutes les exigences des exploitants.

En ce qui concerne les schémas types, il s'agit d'une normalisation d'appareils, d'une normalisation de la dénomination des bornes de raccordement des circuits secondaires, ce qui permettrait une normalisation de schémas.

Ces schémas simplifieraient et diminueraient le travail des constructeurs et des dessinateurs de bureaux d'études.

Une telle normalisation pourrait s'étendre à beaucoup d'appareils.

2.4.3 Développement de nouveaux automatismes

Dans son travail de modernisation, de planification, l'exploitant d'un aménagement électrique recherche la rationalisation.

S'il désire donner à une centrale plus ou moins importante une automaticité intégrale, il en est souvent empêché pour des raisons de sécurité, de sorte qu'une surveillance doit être maintenue, ce qui dévalorise en quelque sorte les automatismes installés.

Pourquoi cette surveillance? Parce qu'un contrôle visuel, auditif des installations s'avère nécessaire malgré les protections automatiques en service.

Ne pourrait-on pas développer des appareils de protection ou d'alarme basés sur des phénomènes vibratoires, auditifs, de manière à remplacer la surveillance continue par un gardiennage, voire à supprimer tout simplement surveillance ou gardiennage?

Considérons maintenant l'exploitation et l'entretien des lignes de transport d'énergie électrique. Ils exigent toute une organisation de personnel, allant des surveillants de lignes à l'équipe permanente d'entretien.

Lors d'une perturbation de ligne, la détection du défaut, lorsqu'elle n'est pas faite automatiquement, exige le contrôle visuel de la ligne, c'est-à-dire du temps et de la main-d'œuvre.

Si le relais de protection de ligne était équipé d'un dispositif permettant de détecter, à quelques centaines de mètres près, la situation géographique du défaut, aussi bien lors de perturbations fugitives que permanentes, les travaux de contrôle et d'entretien des lignes pourraient faire l'objet d'une importante rationalisation.

D'autres appareils automatiques se justifieraient de même façon dans l'exploitation des installations électriques.

Dans l'intérêt de tous, constructeurs et utilisateurs, ne pourrait-on instituer par le canal du bulletin de l'ASE par exemple, un genre de table ronde permanente, par correspondance, où l'utilisateur ferait part de ses désirs, en quelques mots, à tous les constructeurs?

2.5 Critères d'utilisation

Sur la base des considérations mentionnées, dans toutes modernisations ou réalisations d'installations, l'exploitant doit définir les possibilités de l'automatisation et préciser les limites de celle-ci. Les possibilités! elles sont immenses; elles

ne réclament qu'un peu d'attention de la part des spécialistes pour qu'un nouvel automatisme soit envisagé, conçu, réalisé. Le reste n'est qu'un problème financier.

Quant aux limites de l'automatisation, où sont-elles? Dans les opérations de routine, tout, absolument tout, peut être automatisé, enregistré, télécommandé, et finalement analysé au moyen d'ordinateurs ou de calculatrices, de sorte que l'intervention humaine ne serait nécessaire que pour des opérations de programmation, d'entretien ou de réparation, le contrôle lui-même pouvant être exécuté automatiquement.

La décision quant au choix de l'automatisation est très souvent la solution d'un problème comptable.

L'investissement nécessité par l'acquisition et la mise en place d'un automatisme, est-il justifié par les avantages, tant d'ordre technique, qu'économique ou social qui seront obtenus?

Quelle importance faut-il donner à la télécommande? laquelle faut-il donner à l'automatisme local?

Le problème est posé. Toutefois, cette appréciation doit être réaliste. Il y a lieu, lorsqu'on aborde le problème financier, de faire une différence entre les automatismes nécessaires à la sécurité d'exploitation et les automatismes susceptibles d'augmenter le rendement d'un aménagement.

Dans certains cas, l'exploitant pourrait faire quelques concessions en ce qui concerne les exigences précisées, afin de diminuer le coût d'une installation. Cette solution peut être adoptée pour un automatisme n'ayant pas une incidence directe sur la sécurité d'exploitation.

3. Conclusion

Dans le cadre de l'exploitation d'aménagements électriques, l'automatisation, comme on l'a vu, permet d'améliorer les conditions d'exploitation ou de diminuer l'utilisation de main-d'œuvre; elle conduit en quelque sorte à une augmentation du rendement ou de la productivité, à la condition toutefois que l'équipement utilisé fonctionne sans défaut, les conséquences d'un mauvais fonctionnement d'un automatisme pouvant conduire à des pertes de gain considérables, si ce n'est à un accident de personne.

En ce qui concerne la main-d'œuvre, les représentants des entreprises électriques savent combien il est difficile de recruter du personnel d'exploitation, affecté à l'équipe continue.

La même difficulté se présente lorsqu'il faut engager du personnel pour un aménagement situé dans une région isolée.

L'exploitant ne trouve une solution valable à cette situation que dans le recours aux avantages de la technique de l'automatisme. Il prépare donc un programme à long terme et sait ainsi qu'il sera appelé à formuler de nouvelles exigences à l'égard des constructeurs, exigences qui ne pourront que favoriser le développement de l'automatisation.

Puisse cet aspect de l'exploitation des aménagements électriques engager les constructeurs d'automatismes à sortir des chemins battus pour créer, mais pour créer en collaboration étroite avec les utilisateurs, afin de s'adapter à leurs besoins et obtenir ainsi le résultat le plus satisfaisant possible.

Adresse de l'auteur:

J. Remondeulaz, ingénieur d'exploitation, S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, 1000 Lausanne.