

## RAPPORT D'AVANCEMENT

---

# EVOLUTION D'UN CONTACTEUR

---



Gauthier ALVES - Juan BEDOYA MARTINEZ

Polytech Clermont - ABB

Tuteur projet : M. Fanny LANCESSEUR

Tuteur polytech : Mr. Michel JAMES

# 1 Contexte et présentation du projet

## 1.1 Présentation de l'entreprise ABB

ABB (Asea Brown Boveri) [1] est une multinationale suédo-suisse, leader mondial dans les technologies de l'énergie et de l'automatisation. Fondée en 1988, ABB est active dans plus de 100 pays et emploie environ 105 000 personnes à travers le monde. L'entreprise se concentre sur des solutions innovantes qui permettent de réduire les émissions de carbone tout en assurant la sécurité et la fiabilité des infrastructures énergétiques et industrielles.

ABB est particulièrement engagée dans le développement de technologies favorisant la transition vers un futur énergétique durable, avec une attention particulière portée à la réduction de l'empreinte carbone des systèmes électriques. La sécurité et la fiabilité sont également au cœur de ses préoccupations, que ce soit dans le cadre de la conception de systèmes industriels complexes ou de solutions destinées aux infrastructures critiques.

L'entreprise a une forte présence en France, notamment à Lyon, où elle dispose de plusieurs centres d'expertise dans le domaine de l'électrification et de l'automatisation industrielle. Ces centres jouent un rôle clé dans le développement de nouvelles technologies pour répondre aux besoins des industries locales tout en s'alignant avec les objectifs mondiaux de réduction des émissions de carbone.

## 1.2 Objectif du projet

Le projet vise à moderniser la gamme de contacteurs "TAL" de chez ABB. Cette gamme, dont le design est utilisé depuis près de 30 ans, nécessite une mise à jour pour répondre aux nouveaux besoins du marché, en particulier dans les applications DC (courant continu). Les contacteurs actuels sont conçus pour gérer à la fois des commandes en courant alternatif (AC) et en courant continu (DC), mais l'objectif ici est de proposer une solution optimisée pour des applications exclusivement DC, avec un accent sur la réduction des coûts.

L'une des principales modifications portera sur la commande électronique, qui sera adaptée pour fonctionner dans une plage de tension de 16.8-32V DC, afin de simplifier les contraintes de commande. L'objectif est de proposer un produit plus économique, tout en maintenant ou améliorant la performance, la sécurité et la fiabilité qui caractérisent les solutions d'ABB.

Ce projet s'inscrit également dans la volonté d'ABB de proposer des solutions à faible impact environnemental. En optimisant la conception des contacteurs il serait possible de réduire la consommation d'énergie et simplifier les systèmes de commande.

# 2 Étude des technologies existantes

Dans cette partie sont détaillées les différentes technologies utilisées pour un contacteur [2], leur principe de fonctionnement, ainsi que leurs avantages et inconvénients.

## Bobine électromagnétique classique (contacteur électromagnétique)

### Principe de fonctionnement

Une bobine électromagnétique génère un champ magnétique lorsqu'un courant électrique traverse son enroulement. Ce champ attire un noyau ferromagnétique ou une armature, qui provoque

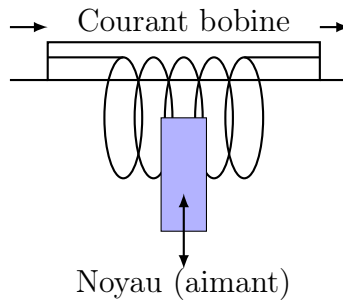


FIGURE 1 – Schéma du principe de fonctionnement d'une bobine électromagnétique [3]

le mouvement des contacts du contacteur, permettant ainsi la fermeture ou l'ouverture du circuit.

### Avantages

- **Simplicité** : Mécanisme approuvé, couramment utilisé dans l'industrie.
- **Réactivité** : Bonne réponse en termes de vitesse de commutation.
- **Capacité de gérer des charges élevées** : Utilisé dans des applications industrielles pour la commande de moteurs ou autres équipements à haute puissance.

### Inconvénients

- **Consommation d'énergie** : Nécessite un courant continu pour maintenir les contacts fermés.
- **Échauffement** : Le courant constant dans la bobine peut entraîner une montée en température de celle-ci.
- **Usure mécanique** : L'ouverture et la fermeture répétées des contacts entraînent une usure mécanique des pièces mobiles.

## Aimant permanent

### Principe de fonctionnement

Un aimant permanent maintient les contacts dans une position stable (ouverte ou fermée) sans alimentation. Lorsqu'une tension est appliquée à un électro-aimant, il génère un champ magnétique temporaire qui annule ou renforce le champ de l'aimant permanent, provoquant ainsi la fermeture ou l'ouverture des contacts.

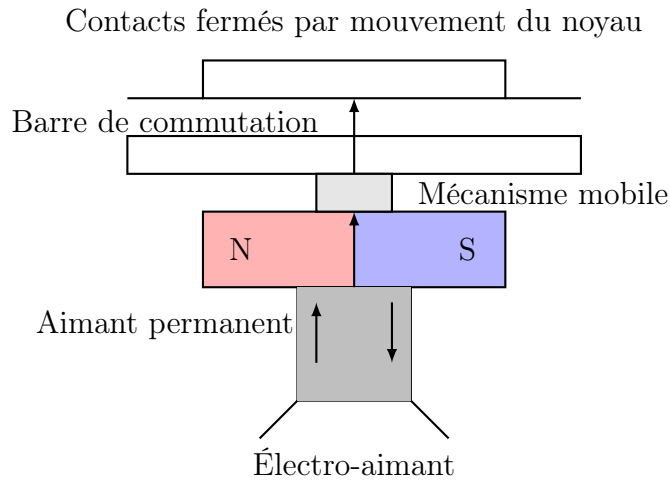


FIGURE 2 – Schéma d'un contacteur à aimant permanent avec mouvement du noyau pour la fermeture des contacts [3]

### Avantages

- **Économie d'énergie** : Une fois les contacts fermés, aucune alimentation supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir la position.
- **Moins d'échauffement** : Puisqu'il n'y a pas besoin de courant constant, la bobine ne chauffe pas excessivement.
- **Durée de vie prolongée** : Réduction de l'usure mécanique due à une commutation moins fréquente et à une moindre sollicitation des composants.

### Inconvénients

- **Conception complexe** : Le système nécessite une ingénierie plus sophistiquée pour combiner l'aimant permanent et l'électro-aimant.
- **Limité à des applications spécifiques** : Souvent réservé à des systèmes où la position du contacteur ne change pas fréquemment.

## 2.1 Temps de commutation

Le temps de commutation avec une bobine pour la gamme TAL se situe entre 50 et 100 millisecondes pour la fermeture du contact normalement ouvert (NO) après la mise sous tension de la bobine, et entre 10 et 17 millisecondes pour l'ouverture du contact NO après la mise hors tension de la bobine. Ces performances respectent les exigences strictes des normes internationales en matière de sécurité et de fiabilité, notamment les normes *IEC 60529*, *IEC 60947-1* et *EN 60529*. Les systèmes à aimants permettent des commutations plus rapides, typiquement entre 5 et 50 millisecondes pour la fermeture et entre 5 et 30 millisecondes pour l'ouverture, mais ils sont plus complexes à intégrer car ils nécessitent des conceptions spécifiques pour gérer les arcs électriques et la démagnétisation, ce qui augmente le coût et la complexité du produit. Les bobines, en revanche, offrent une fiabilité éprouvée dans des environnements industriels sévères, où la robustesse et la durabilité sont essentielles.

### 3 Lois physiques appliquées aux contacteurs

Les contacteurs électromagnétiques, qu'ils soient basés sur des bobines classiques, des solénoïdes ou des aimants permanents, utilisent tous des principes physiques fondamentaux basés sur l'électromagnétisme pour fonctionner. Voici une description des lois physiques en jeu [4].

#### Loi d'Ampère (électromagnétisme)

La loi d'Ampère est fondamentale pour comprendre le fonctionnement des bobines électromagnétiques. Elle décrit comment un courant électrique qui circule dans un conducteur génère un champ magnétique autour de celui-ci. La force du champ magnétique produit par une bobine est proportionnelle à l'intensité du courant et au nombre de tours de l'enroulement.

Dans un contacteur, la bobine électromagnétique génère un champ magnétique qui attire un noyau mobile, fermant ainsi les contacts. Plus le courant dans la bobine est élevé, plus le champ magnétique est fort, ce qui augmente la force d'attraction sur le noyau.

#### Loi de Lenz (conservation de l'énergie)

La loi de Lenz complète la loi d'Ampère et stipule que le sens du courant induit par un champ magnétique est tel qu'il s'oppose à la variation de ce champ. Cela se manifeste dans le fonctionnement des électro-aimants et solénoïdes. Quand le courant dans la bobine change, la variation du champ magnétique peut générer des courants de Foucault, qui peuvent influencer le comportement du système.

Pour les contacteurs, cela signifie que des phénomènes d'induction apparaissent lors de l'ouverture ou la fermeture des circuits électriques, créant des forces qui s'opposent aux changements rapides.

#### Force de Lorentz (force électromagnétique)

La force de Lorentz décrit la force exercée sur une charge électrique en mouvement dans un champ magnétique. Dans le contexte des contacteurs, c'est cette force qui permet de déplacer le noyau (ou l'armature) dans une bobine. Lorsque le courant passe dans la bobine, le champ magnétique exerce une force sur les particules chargées, entraînant le mouvement du noyau ferromagnétique.

Dans un solénoïde, par exemple, la force de Lorentz pousse ou tire le noyau de manière linéaire, actionnant un mécanisme qui ferme ou ouvre les contacts.

#### Loi de Faraday (induction électromagnétique)

La loi de Faraday stipule que toute variation du flux magnétique à travers un circuit fermé induit une force électromotrice dans ce circuit. Cette loi est particulièrement importante pour les électro-aimants et les systèmes avec aimants permanents. Lorsqu'un courant est appliqué à une bobine, un champ magnétique est généré, et si ce champ change, il induit des courants dans les circuits voisins.

Dans un contacteur à aimant permanent, le champ magnétique de l'électro-aimant peut soit renforcer, soit s'opposer au champ de l'aimant permanent. Cela permet de maintenir la position

des contacts ou de provoquer leur ouverture ou fermeture en annulant ou en renforçant le champ existant.

## Principes communs aux trois technologies

Dans les deux types de contacteurs (à bobine classique, à solénoïde, et à aimant permanent), les lois de l'électromagnétisme jouent un rôle central :

- **Loi d'Ampère** : génération du champ magnétique dans une bobine.
- **Loi de Lenz et loi de Faraday** : opposition à la variation du flux magnétique, influence sur la commutation.
- **Force de Lorentz** : déplacement du noyau mobile ou du mécanisme d'ouverture/fermeture des contacts.

Cependant, ces technologies se distinguent par leurs conceptions spécifiques :

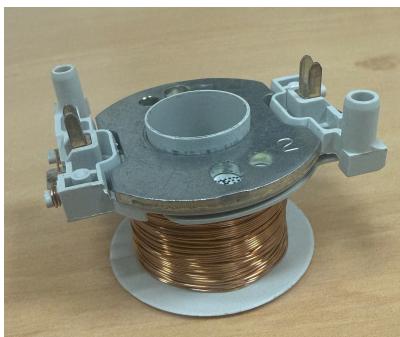
- Les **contacteurs à bobine classique** nécessitent un courant constant pour maintenir les contacts fermés.
- Les **contacteurs à aimant permanent** exploitent à la fois un aimant permanent et un électro-aimant pour minimiser la consommation d'énergie tout en maintenant une position sans courant continu.

## 4 Analyse d'un produit existant

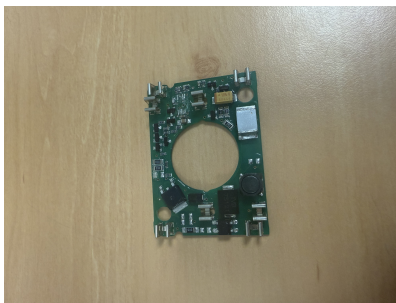
Dans cette partie, un produit de la gamme "AF" de chez ABB est étudié. Il s'agit de faire le lien entre les différentes technologies énoncées précédemment avec un produit existant.

### Composition du produit

L'essentiel du fonctionnement du produit réside dans 3 composants principaux : La bobine électromagnétique, le circuit de commande et l'armature ferromagnétique mouvante. Elles sont présentées ci-dessous distinctement puis assemblées.



(a) Bobine électromagnétique



(b) Circuit de commande



(c) Armature ferromagnétique mouvante

FIGURE 3 – Les trois composants principaux du produit étudié

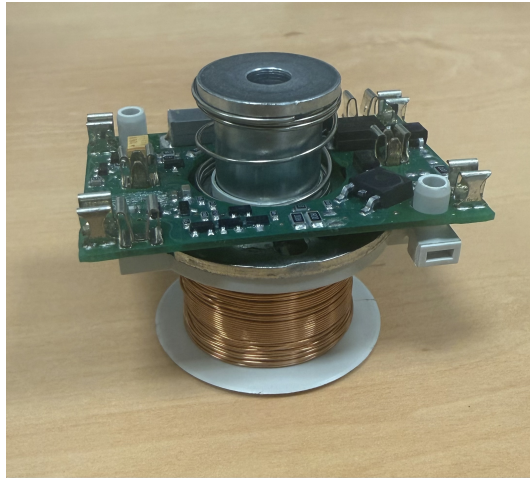


FIGURE 4 – Ensemble des composants du contacteur assemblé

Il s'agit donc d'une technologie avec un bobine dite "classique". Le principe de fonctionnement est donc le même qu'énoncé à la partie précédente. Ci-dessous se trouve une capsule vidéo de l'ensemble en fonctionnement. Attention il faut lire le pdf avec "Adobe Accrobat Reader" pour cela.

Déclenchement du contacteur

## 5 Gestion de projet

Dans le cadre de la gestion du projet, un WBS et un diagramme de Gantt ont été élaborés pour assurer le suivi de l'avancement. Ils sont présentés dans cette section.

### 5.1 Structure de découpage du projet (WBS)

Le WBS (Work Breakdown Structure) a été conçu pour décomposer le projet en tâches et sous-tâches, afin de faciliter la gestion et la planification des ressources. La structure du projet est illustrée ci-dessous.

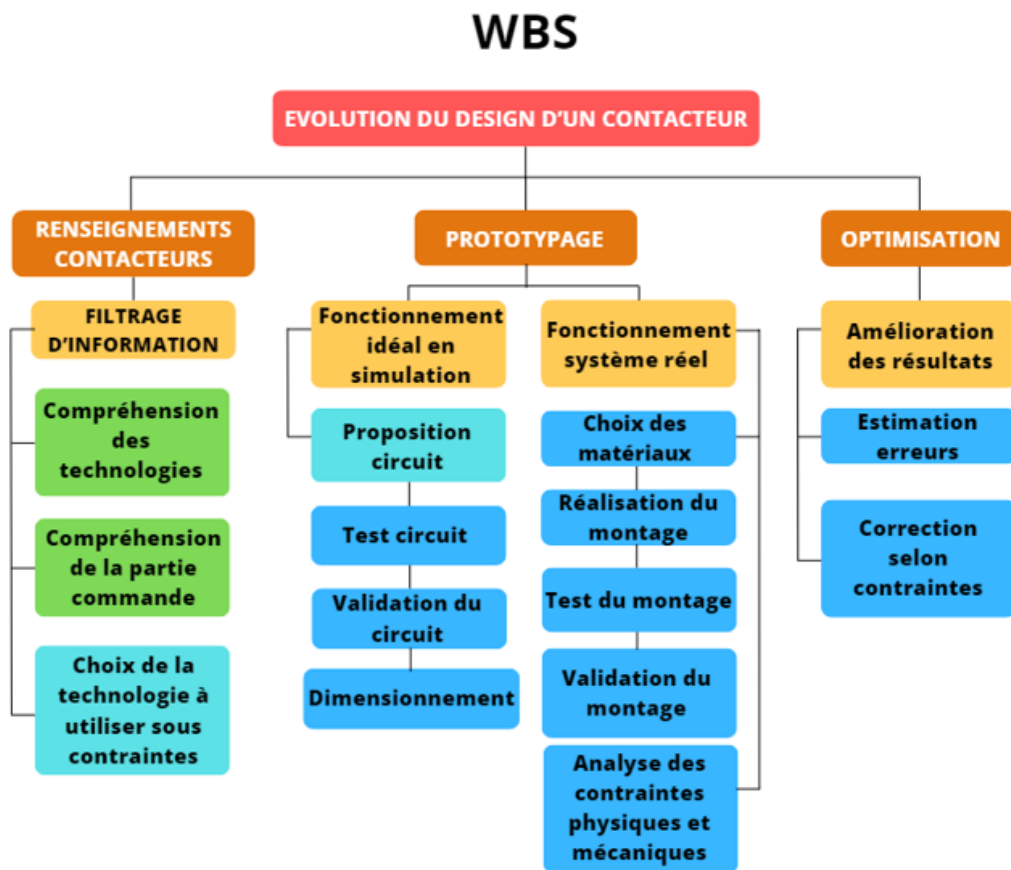


FIGURE 5 – WBS du projet *Code couleur : vert = terminé, bleu clair = tâches imminentes, bleu = tâches à venir*

Concernant le diagramme de Gantt, il a été établi que, bien que les livrables ne soient pas encore définis de manière précise, le WBS repose sur l'hypothèse que le livrable final serait un prototype fonctionnel du nouveau contacteur. Cependant, après discussion avec la tutrice du projet, il a été convenu qu'une solution technique viable, accompagnée d'un plan détaillé, serait jugée suffisante pour la phase finale.



## 5.2 Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt permet de visualiser les différentes étapes du projet et leur planification temporelle. En raison de l'absence actuelle d'un cahier des charges détaillé, les tâches ne sont pas encore assignées de manière spécifique aux membres de l'équipe, et les jalons définis concernent principalement les revues de projet et les réunions de suivi.

Il convient de souligner que l'intervention prévue d'ABB, incluant la participation d'un technicien pour la présentation des différentes mesures, constituera un point clé du projet. Une fois cette intervention réalisée, l'élaboration de la solution technique pourra débuter, et les tâches seront ensuite attribuées aux membres du groupe ainsi qu'aux étudiants de 4A impliqués.

# PROJET ABB

## Diagramme de Gantt

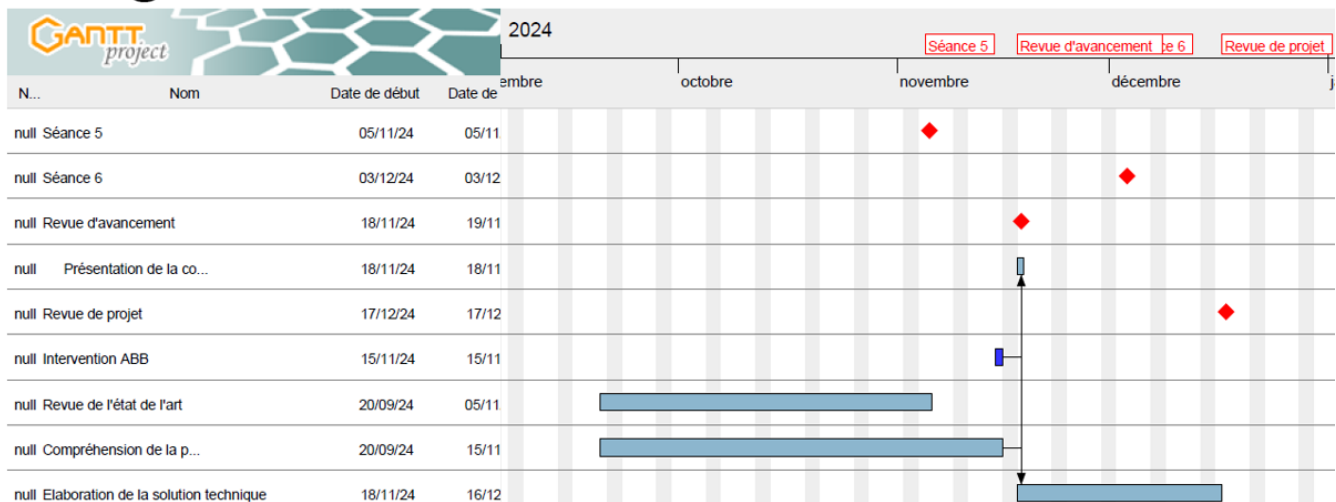


FIGURE 6 – Diagramme de Gantt du projet

# Bibliographie

- [1] ABB. Company profile. <https://global.abb/>, 2023. Consulté en octobre 2023.
- [2] Physigeek. Contacteur : Fonctionnement, types, et applications. [https://physigeek.com/contacteur/?utm\\_content=cmp-true](https://physigeek.com/contacteur/?utm_content=cmp-true). Consulté le 25 octobre 2024.
- [3] Sciensass. Figures avec tikz en latex. <https://www.sciensass.net/TikZ.php>, 2023. Consulté en octobre 2024.
- [4] M.Raspal. Cours d'électromagnétisme, dut mesures physiques. Université Clermont-Auvergne, 2020-2021. Cours dispensé dans le cadre de la formation DUT Mesures Physiques.