

Architecture anti-moteur à annulation de champ par superposition : suppression du back-EMF et découplage couple/champ magnétique

Christophe Tétard

faradaylabsdirection@gmail.com / contact@projet-atlas.fr

VERSION CORRIGÉE V.6

Ce document est mis à jour au fil des retours reçus depuis sa première diffusion. D'autres versions suivront. Consultez la date et le numéro de version avant toute citation.

Résumé—Nous présentons une étude expérimentale d'un système moteur pulsé (InfiniX) intégrant un électro-aimant à noyau d'aimant permanent en néodyme, dont le champ magnétique statique est annulé par l'application d'un champ variable. Cette configuration permet de dissocier expérimentalement la production de couple du couplage magnétique classique habituellement responsable de la force contre-électromotrice (back-EMF) dans les moteurs à aimants permanents.

La validation repose sur un test comparatif en court-circuit : sur un moteur à aimant permanent classique, l'entraînement du rotor à vitesse constante avec la self court-circuitée produit un ralentissement et une augmentation mesurable de la consommation du moteur d'assistance, signature du couplage électromagnétique classique (réciprocité $K_t = K_e$). Sur le système InfiniX, dans les mêmes conditions, aucun ralentissement ni variation de consommation mécanique n'est observé.

Dans le cadre électromécanique classique, la relation de réciprocité entre les constantes de couple et de force contre-électromotrice implique que la suppression du back-EMF doit s'accompagner d'une absence de couple, sous peine de violation du principe de conservation de l'énergie. Par ailleurs, l'injection d'un courant commuté dans la self du système InfiniX produit une rotation du rotor avec une puissance à l'axe notable, et le bilan énergétique entrée/sortie fait apparaître un excédent.

Le protocole expérimental complet, la liste des instruments et les méthodes de mesure sont fournis dans cet article dans le but explicite de permettre une réplification indépendante par tout laboratoire ou institution de recherche. La preuve de la validité des résultats présentés repose sur cette réplification ouverte plutôt que sur l'autorité des auteurs. Ces observations ont été reproduites en interne sur un grand nombre de prototypes et de configurations de bobinage.

Index Terms—force contre-électromotrice, back-EMF, moteur pulsé, aimant permanent néodyme, réductance, couple moteur, réplification expérimentale

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à Daniel, Sébastien, Pierrick et Bruno pour leur soutien indéfectible et leur contribution tout au long de ce travail de recherche.

Une reconnaissance particulière est également adressée aux détracteurs et aux sceptiques, dont les critiques et la remise en

question systématique ont contraint les auteurs à renforcer la rigueur méthodologique de ce travail et à consolider chaque étape expérimentale. Cette publication n'aurait pas atteint son niveau d'exigence actuel sans cette pression contradictoire constante.

Déclaration des auteurs

Ce travail est le fruit de plus de 22 années de recherche indépendante, menées seul, sans le soutien des institutions académiques ou industrielles établies, et il revient à son auteur. Il est publié en accès libre, dans l'intention explicite de servir la connaissance collective plutôt qu'un intérêt particulier.

L'auteur espère sincèrement que cette découverte, si elle se confirme, ne fera pas l'objet d'une appropriation mercantile déconnectée de l'intérêt général. Cet espoir repose sur une conviction plus large : que la bienveillance demeure une valeur fondamentale de l'être humain, malgré les usages détournés dont la technologie a pu, par le passé, faire l'objet.

Si les principes décrits dans cet article devaient, entre d'autres mains, contribuer à des usages néfastes pour l'humanité, l'auteur tient à affirmer que cette responsabilité n'incombera pas à la découverte elle-même, ni à la démarche scientifique ouverte qui préside à sa publication, mais à la nature humaine qui choisirait d'en faire un usage tourné vers le seul profit, au détriment du bien commun.

Note sur l'antériorité, la divulgation publique, et les revendications rétrospectives

Les auteurs souhaitent affirmer clairement, pour mémoire, un principe qui régit la priorité scientifique et intellectuelle : la priorité s'établit par une divulgation datée et vérifiable — une publication, un dépôt de brevet, un document horodaté, un prototype démontré et documenté — et non par une affirmation faite a posteriori.

À la suite de la publication de ce travail, il est raisonnablement prévisible que certaines personnes affirment, sans preuve à l'appui, avoir « déjà eu l'idée », y avoir « pensé avant », ou être arrivées indépendamment à une conclusion similaire antérieurement à cette publication. De telles affirmations, faites sans divulgation préalable datée, vérifiable et publique, équivalente sur le fond à ce qui est présenté ici, ne constituent pas une priorité scientifique ou juridique, quelle que soit l'assurance ou la visibilité avec laquelle elles sont formulées après la parution de cet article.

Les auteurs ne contestent pas la possibilité que d'autres aient pu envisager des idées similaires, de manière privée, informelle, ou sous une forme non documentée. Ce qui est contesté, c'est la confusion entre une idée privée et une priorité publique, démontrée et datée. Une idée jamais divulguée, jamais testée, jamais mesurée, ni publiée, ne pèse pas davantage, du point de vue de la priorité scientifique, qu'une idée jamais eue.

Une découverte dont l'importance potentielle est significative gagne, par nature, à être portée à la connaissance de la communauté scientifique plutôt qu'à demeurer non partagée indéfiniment. C'est précisément ce choix de divulgation publique, complète et vérifiable, que les auteurs font avec cette publication. Une telle divulgation — datée, publique, et accompagnée du protocole permettant sa vérification — a une valeur que n'a jamais une idée gardée pour soi, aussi ancienne soit-elle : elle seule profite à la communauté scientifique dans son ensemble, plutôt qu'à son seul détenteur.

Cette publication, conjointement avec son dépôt à l'Institut National de la Propriété Industrielle (INPI) sous le numéro d'enregistrement FR2609488 daté du 9 juillet 2026, ainsi que son dépôt public horodaté, constitue la revendication de priorité des auteurs. Toute revendication ultérieure de conception antérieure, non accompagnée d'une documentation datée et vérifiable équivalente précédant cette divulgation, devrait être appréciée par le lecteur en conséquence.

I. INTRODUCTION

LA recherche de nouvelles architectures de moteurs électriques plus efficaces reste un axe central du développement technologique contemporain, dans un contexte où la demande énergétique mondiale continue de croître, notamment sous l'effet de l'électrification des transports et de l'expansion des infrastructures numériques (centres de données, calcul intensif). Les moteurs à aimants permanents, largement utilisés pour leur rendement et leur compacité, sont cependant intrinsèquement limités par un phénomène bien caractérisé en électromécanique classique : la force contre-électromotrice (back-EMF), générée par la variation du flux magnétique traversant les bobinages du stator lors de la rotation du rotor. Cette force contre-électromotrice s'oppose au courant d'alimentation et constitue, dans le cadre théorique établi, la contrepartie électrique nécessaire à la production de tout travail mécanique (réciprocité entre les constantes de couple et de force contre-électromotrice, $K_t = K_e$).

Ce travail trouve son origine dans plus de 22 ans d'expérimentation indépendante en électromagnétisme, bobinage de Tesla, et conception de moteurs à aimants permanents, menées au sein du laboratoire Faraday Labs SAS et de l'association ATLAS (Association pour les Technologies Libres et les Applications Scientifiques alternatives), basés à La Ferrière, Vendée, France. Cette démarche expérimentale de long terme a conduit au développement d'un système moteur à commutation pulsée, désigné InfiniX, dont la particularité repose sur l'intégration d'un noyau en aimant permanent néodyme au sein d'un électro-aimant, permettant l'annulation du champ magnétique statique par application d'un champ variable.

Les observations réalisées sur ce système, en particulier l'absence de ralentissement et de variation de consommation lors d'un test en court-circuit – comportement qui contraste avec celui, bien documenté, des moteurs à aimants permanents classiques dans les mêmes conditions – soulèvent une question directe : la suppression du couplage magnétique responsable du back-EMF est-elle compatible avec le maintien, voire l'apparition, d'un couple moteur ? Cette question touche directement à la relation de réciprocité électromécanique considérée comme fondamentale dans la théorie classique des moteurs à aimants permanents.

Plutôt que de présenter ces résultats comme une conclusion établie, cet article a pour objectif de fournir une méthode et un protocole expérimental complets, incluant la liste des instruments et les procédures de mesure, permettant à tout laboratoire, institut de recherche ou chercheur indépendant de reproduire cette expérience de manière autonome. Cette démarche de réplication ouverte est jugée nécessaire compte tenu de l'écart entre les résultats observés et le cadre théorique existant, et constitue le critère de validation retenu par les auteurs.

II. ÉTAT DE L'ART

Le principe de l'électro-aimant à noyau aimant permanent, permettant de moduler ou d'annuler un champ magnétique statique par l'application d'un champ variable, n'est pas nouveau en soi et trouve déjà des applications commerciales établies. On le retrouve notamment dans les systèmes de type « alimenter pour relâcher » (*power-to-release*), utilisés pour le maintien magnétique d'objets métalliques sans consommation électrique continue, avec libération sur activation du courant – une architecture couramment employée dans les verrous électromagnétiques, les systèmes de retenue industriels ou les mécanismes de déclenchement.

Ces applications exploitent la même propriété physique de base (modulation réversible d'un champ magnétique permanent par un champ électromagnétique appliqué), mais restent cantonnées à un usage statique et binaire : maintien ou relâchement d'une charge, sans mouvement rotatif, sans notion de couple continu, et sans lien avec la problématique du back-EMF.

À la connaissance des auteurs, ce principe d'annulation d'un champ magnétique permanent par un champ variable n'a jamais été appliqué ni étudié dans le contexte d'un moteur rotatif. L'intégralité de la littérature identifiée sur ce type d'architecture concerne des applications de maintien statique (verrouillage, retenue, déclenchement), et aucune référence n'a été trouvée traitant de son application à la suppression du back-EMF dans un système de conversion électromécanique rotative.

Un point de conception s'avère déterminant pour la transposition de ce principe à un usage moteur : l'effet d'annulation du back-EMF ne peut se produire que si ce type d'électro-aimant à noyau permanent est implémenté simultanément **sur le stator et sur le rotor**. Une implémentation sur un seul des deux éléments ne permet pas d'obtenir la suppression du couplage recherchée. Ce point de conception, central dans

l'architecture InfiniX, sera détaillé dans la section *Description de l'expérience*.

Cette absence de précédent dans un contexte moteur, combinée à cette exigence de conception spécifique, constitue le point de départ et la contribution centrale de cet article : transposer un principe physique connu, mais jamais exploité sous cet angle ni dans cette configuration, à un usage moteur.

III. CAS D'ÉCOLE

Le comportement électromécanique d'un moteur à aimant permanent en régime de court-circuit constitue un cas d'école fondamental de l'électrotechnique, documenté dans la littérature académique de référence [1].

Le couple produit par un moteur à aimant permanent est proportionnel au courant d'induit par la constante de couple K_t :

$$T = K_t \cdot I \quad (1)$$

La force contre-électromotrice générée par la rotation du rotor est proportionnelle à la vitesse angulaire par la constante K_e :

$$E = K_e \cdot \omega \quad (2)$$

Ces deux constantes sont numériquement égales en unités SI cohérentes (N.m/A et V/(rad/s)) : $K_t = K_e$. Cette égalité n'est pas une coïncidence de conception, mais une conséquence directe du principe de conservation de l'énergie : la puissance électrique fournie au système doit être égale à la puissance mécanique produite, augmentée des pertes (résistives, notamment). Si K_t et K_e n'étaient pas égales, un moteur pourrait produire plus (ou moins) de travail mécanique que l'énergie électrique consommée pour un régime donné, ce qui violerait ce principe.

Lorsque le rotor d'un tel moteur est entraîné mécaniquement à vitesse angulaire constante et que les bornes du bobinage sont court-circuitées, la force contre-électromotrice induite génère un courant dans la boucle fermée ainsi formée. Par la loi de Lenz, ce courant induit produit à son tour un couple qui s'oppose au mouvement imposé. Ce couple résistant se traduit expérimentalement par une augmentation mesurable de la puissance mécanique que doit fournir le moteur d'entraînement pour maintenir la vitesse constante. Ce couple résistant est précisément le mécanisme physique par lequel la conservation de l'énergie est assurée dans un moteur à aimant permanent classique : toute énergie mécanique supplémentaire nécessaire pour vaincre ce couple correspond exactement à l'énergie électrique dissipée dans le court-circuit.

Ce cas d'école sert de référence et de témoin expérimental dans le protocole présenté dans cet article. Il permet de caractériser précisément le comportement attendu, documenté et physiquement expliqué d'un système à aimant permanent classique, et de le comparer directement, dans les mêmes conditions expérimentales, au comportement observé sur le système InfiniX – comparaison qui constitue le point de départ de la section suivante.

IV. CONCEPT D'ANTI-MOTEUR

Il est nécessaire, à ce stade de l'article, de poser une distinction terminologique centrale, que nous désignons par le terme d'**anti-moteur**.

Comme établi dans la section précédente, dans un moteur électromagnétique classique – quel que soit son type (à aimant permanent, à réluctance variable, asynchrone) – la rotation est produite par la variation du flux magnétique généré par le courant circulant dans les bobinages du stator. C'est cette variation de flux, associée au courant d'excitation, qui produit la force de Laplace à l'origine du couple mécanique – et c'est cette même variation de flux qui, par réciprocité, engendre la force contre-électromotrice (back-EMF) lorsque le rotor tourne. Dans ce cadre classique, couple moteur et back-EMF sont donc les deux faces d'un seul et même mécanisme physique : la variation du champ produit par le courant.

Le système InfiniX, tel que décrit dans cet article, repose sur un principe fondamentalement différent, que nous qualifions d'anti-moteur : la rotation n'y est à aucun moment produite par la variation du flux magnétique du champ généré par le courant dans les selfs. Le courant d'excitation ne joue, dans cette architecture, aucun rôle moteur direct : son unique fonction est de moduler, par annulation de champ par superposition et par ouverture de circuit, le moment où une interaction magnétique statique entre aimants permanents – seule à l'origine du travail mécanique – est autorisée ou suspendue. Le courant agit ainsi comme un commutateur de l'interaction magnétique, non comme sa source.

Cette distinction n'est pas une nuance de vocabulaire : elle conditionne directement pourquoi la relation de réciprocité $K_t = K_e$, valable pour tout moteur où couple et back-EMF partagent le même mécanisme de variation de flux électromagnétique, ne s'applique pas nécessairement de la même manière à une architecture où le couple provient d'une interaction magnétique statique distincte du mécanisme de commutation. Le terme d'anti-moteur sera utilisé tout au long de cet article pour désigner cette architecture, en contraste avec le fonctionnement des moteurs électromagnétiques classiques décrit en Section III.

V. ÉVOLUTION DE LA DÉCOUVERTE

Les travaux initiaux ont porté sur l'étude de systèmes électromagnétiques pulsés de type Bedini, dans le cadre d'une démarche expérimentale plus large en bobinage de Tesla et en conception de moteurs à aimants permanents. Ces travaux ont permis de développer une expertise pratique sur le comportement des bobinages sous excitation pulsée et sur les interactions entre champ variable et aimant permanent. Au cours de tests répétés sur des configurations de moteurs à commutation pulsée, des écarts de consommation électrique ont été constatés entre les phases de fonctionnement, sans que ces écarts ne s'expliquent entièrement par le modèle électromécanique classique appliqué à ces montages.

Cette découverte n'est pas issue d'une approche théorique descendante, mais d'un acharnement expérimental de terrain, caractérisé par la construction répétée de montages sortant délibérément des architectures conventionnelles – certains

apparaissant, de prime abord, dépourvus de justification théorique claire. C’est cette volonté de tester des configurations non conventionnelles, y compris celles jugées a priori peu prometteuses ou incongrues au regard des principes établis, qui a permis de faire émerger un comportement non anticipé par le cadre théorique classique.

Une part déterminante de cette démarche a consisté à appliquer aux électro-aimants de moteur des principes de conception habituellement réservés aux bobines de Tesla, traitées dans ce contexte comme des antennes accordées. En particulier, le facteur de qualité (facteur Q) du bobinage – grandeur centrale dans la conception des bobines de Tesla et des circuits résonants, mais absente des critères de conception standards employés par les fabricants de moteurs électriques – a été identifié comme un paramètre facilitant l’annulation du champ électromagnétique de l’aimant permanent. Cette propriété présente également un intérêt pour la récupération ultérieure d’énergie du champ magnétique, aspect qui ne relève toutefois pas du périmètre de cette publication et fera l’objet d’un traitement séparé. Cette transposition d’un paramètre de conception d’un domaine vers un autre, où il n’est pas conventionnellement pris en compte, constitue l’un des éléments distinctifs de l’approche ayant mené à cette découverte.

Ces observations ont conduit à l’expérimentation d’une architecture spécifique : l’intégration d’un aimant permanent en néodyme au sein du noyau d’un électro-aimant, dans le but de tester si un champ variable appliqué pouvait annuler localement le champ statique de l’aimant. L’application du cas d’école du test en court-circuit décrit précédemment à cette nouvelle architecture a révélé une divergence marquée par rapport au comportement attendu d’un moteur à aimant permanent classique : absence de ralentissement du rotor et absence de variation de consommation du moteur d’assistance, suggérant une suppression de la force contre-électromotrice.

Cette observation a ensuite été testée sur un grand nombre de prototypes et de configurations de bobinage différentes, afin de vérifier sa reproductibilité et d’écarter une explication liée à un défaut ou une particularité d’un montage unique. Face à la robustesse de l’observation à travers ces configurations, la nécessité d’un protocole de mesure rigoureux et reproductible par des tiers s’est imposée, aboutissant à la structuration du système InfiniX et du protocole présenté dans cet article.

VI. LA DÉCOUVERTE

L’architecture InfiniX repose sur l’intégration d’un aimant permanent en néodyme au cœur du noyau d’un électro-aimant, disposé simultanément sur le stator et sur le rotor. L’application d’un champ magnétique variable à ce noyau permet d’annuler, sur la durée de l’impulsion, le champ magnétique statique normalement produit par l’aimant permanent. Cette annulation contrôlée constitue le mécanisme central sur lequel repose l’ensemble des observations rapportées dans cet article.

Le mécanisme précis observé est le suivant : lorsque le bobinage de l’électro-aimant est alimenté, le champ magnétique statique de l’aimant néodyme intégré au noyau disparaît. Dans une configuration où deux électro-aimants à noyau néodyme sont disposés face à face (stator/rotor), cette annulation simul-

tanée fait que les deux aimants n’interagissent plus magnétiquement l’un avec l’autre pendant la durée de l’alimentation : ils peuvent alors se déplacer l’un par rapport à l’autre sans induire de variation de flux, et donc sans induire de variation de courant dans le bobinage alimenté. **C’est cette absence de variation de courant induite par le déplacement relatif des deux aimants, alors même que le courant d’alimentation reste présent dans le circuit, qui constitue la preuve expérimentale de l’absence de force contre-électromotrice.** Ce mécanisme a été mesuré instrumentalement (oscilloscope, sonde de courant, sonde de tension).

Lorsque l’alimentation du bobinage est coupée, le champ magnétique statique des aimants néodyme réapparaît. Les deux aimants, positionnés en opposition de polarité, se repoussent alors, ce qui établit le mouvement mécanique du rotor. Il résulte de ce mécanisme que **la rotation du système InfiniX n’est à aucun moment produite par le champ magnétique généré par le courant d’alimentation du bobinage** : elle est produite exclusivement par l’interaction entre les champs magnétiques statiques des aimants permanents en néodyme, le rôle du courant d’alimentation se limitant à moduler, par annulation périodique, le moment où cette interaction est active ou suspendue.

Ce constat s’accompagne d’un second comportement, observé indépendamment du test en court-circuit décrit précédemment : lorsqu’un courant commuté est injecté dans le bobinage selon ce même principe d’annulation périodique, **le rotor entre en rotation en développant un couple à l’axe jugé notable par les auteurs.** Ce point est significatif dans la mesure où le cadre théorique classique (relation $K_t = K_e$) prédit qu’un système ne présentant pas de couplage magnétique responsable du back-EMF ne devrait pas non plus produire de couple par ce même mécanisme de couplage. Le mécanisme décrit ci-dessus fournit une explication cohérente à cette dissociation apparente : le couple ne provient pas du couplage électromagnétique courant/rotor classique, mais de l’interaction magnétique statique aimant/aimant, rendue possible ou suspendue par la commutation du courant.

Les auteurs soulignent que cette section se limite à la description du mécanisme et du comportement observés, mesurés instrumentalement, sans avancer de traitement quantitatif de l’énergie associée à ce mécanisme, celui-ci étant abordé dans les sections suivantes et dans la discussion.

VII. HYPOTHÈSE ET CADRE THÉORIQUE

Les observations rapportées dans cet article présentent un écart avec le cadre électromécanique classique, dont la relation de réciprocité $K_t = K_e$ prévoit qu’un système ne présentant pas de couplage magnétique dynamique responsable du back-EMF ne devrait pas non plus produire de couple par ce mécanisme. Les auteurs ont fait le choix, dans cet article, de limiter leur contribution à la description, la mesure et la reproductibilité du phénomène observé, sans imposer d’interprétation théorique définitive. Cette section a pour seul objectif de formuler les questions théoriques que ce phénomène soulève, à destination de la communauté scientifique, plutôt que d’y répondre.

A. Question de l'énergie de champ magnétique lors de l'annulation

Dans le cadre électromagnétique classique, l'énergie stockée dans un champ magnétique est donnée par l'intégrale de la densité d'énergie sur le volume du champ (proportionnelle au carré de l'induction B). Faire varier ou annuler un champ magnétique implique, en toute généralité, une variation de cette énergie, qui doit être fournie ou récupérée par le circuit à l'origine du champ variable. Or, dans le cas d'un aimant permanent, le champ statique n'est pas maintenu par un apport d'énergie électrique continu (contrairement à un électro-aimant classique sans noyau permanent) : il résulte de l'alignement des moments magnétiques du matériau. Une question ouverte est donc de déterminer si l'annulation apparente du champ statique de l'aimant, par superposition d'un champ variable de même amplitude et de polarité opposée, constitue une opération énergétiquement coûteuse au sens classique (nécessitant un travail équivalent à l'énergie de champ annulée), ou si elle peut s'interpréter comme une simple superposition vectorielle locale du champ résultant sans transfert d'énergie net avec la self, dans la mesure où l'aimant permanent ne restitue ni n'absorbe d'énergie pour maintenir son propre champ.

Une clarification s'impose quant au moment où l'énergie d'interaction entre les aimants devient disponible. Pendant la phase d'annulation, le rapprochement du rotor vis-à-vis du stator ne rencontre, par construction, aucune force d'opposition mesurable (Expérience 4) : ce rapprochement ne représente donc aucun coût énergétique mécanique. Ce n'est qu'au moment de la réapparition du champ, une fois les aimants déjà rapprochés, qu'une énergie d'interaction se manifeste, à une distance qui, elle, n'a nécessité aucun travail pour être atteinte. Cette énergie n'est donc pas comprise, dans le cadre de cette hypothèse, comme ayant été stockée pendant la phase d'annulation, mais comme apparaissant au moment de la levée de celle-ci – une distinction qui reste, à l'instar des hypothèses formulées dans cette section, à confirmer par un bilan énergétique dédié, hors du périmètre du présent article.

B. Question de la réluctance variable du circuit magnétique

Une hypothèse complémentaire, à explorer, concerne le rôle de la réluctance du circuit magnétique formé par le noyau. Dans les machines à réluctance variable, le couple et les transferts d'énergie sont gouvernés par la variation de réluctance en fonction de la position du rotor, indépendamment de la présence d'un aimant permanent. Il reste à déterminer si l'intégration d'un aimant permanent au sein d'un noyau soumis à un champ variable introduit un régime de fonctionnement où la variation de réluctance apparente, vue depuis le circuit d'alimentation, diffère de la variation de réluctance vue depuis le circuit magnétique aimant/aimant – ce qui pourrait expliquer pourquoi le circuit d'alimentation ne « voit » pas le coût énergétique de l'interaction magnétique statique entre les deux aimants.

C. Question du découplage entre circuit électrique d'excitation et circuit magnétique d'interaction

Enfin, une question plus générale porte sur la possibilité que le champ variable appliqué joue un rôle de commutateur magnétique plutôt que de participant énergétique direct à l'interaction mécanique. Dans cette hypothèse, le travail mécanique observé proviendrait intégralement de l'énergie déjà contenue dans les aimants permanents (mise en évidence par leur capacité à se repousser une fois le champ rétabli), le rôle du courant d'alimentation se limitant à autoriser ou interdire cette interaction sans y participer énergétiquement lui-même. Cette hypothèse, si elle était vérifiée par un bilan énergétique dédié – hors du périmètre de cet article – permettrait de réconcilier l'observation d'un couple mécanique avec l'absence de coût électrique apparent associé au maintien du champ statique des aimants.

Les auteurs ne tranchent pas entre ces hypothèses et considèrent qu'il revient à la communauté scientifique, à travers la réplique du protocole décrit dans cet article, d'établir le cadre théorique rendant compte de ces observations.

VIII. DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE

Cette section présente une série d'expériences progressives, destinées à amener le lecteur, étape par étape, de principes électromagnétiques classiques et bien établis jusqu'à l'expérience finale portant sur le système InfiniX.

A. Expérience 1 — Rappel : interaction entre une self et un aimant externe en mouvement

Avant de décrire l'architecture InfiniX, il est utile de rappeler un principe de base de l'électromagnétisme, applicable à une self classique (bobine à air, à noyau ferrite, ou à noyau de fer) placée à proximité d'un aimant permanent, sans lien à ce stade avec l'architecture spécifique InfiniX.

1) *Quand on injecte du courant dans la self : effet moteur* : Lorsqu'un courant est injecté dans la self, celle-ci génère son propre champ magnétique, dont l'énergie s'exprime par :

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (3)$$

Ce champ magnétique interagit avec le champ de l'aimant permanent situé à proximité : selon la polarité et la position relative, l'aimant est attiré ou repoussé par la self. C'est le principe de base de tout actionneur électromagnétique (solénoïde, relais, moteur). L'aimant se met alors en mouvement sous l'effet de cette force, tandis que le champ propre de l'aimant — son énergie magnétique statique — reste établi dans l'espace autour de lui, indépendamment du courant injecté dans la self.

2) *Quand l'aimant est en mouvement face à la self : effet générateur* : Indépendamment de l'action précédente, tout aimant en mouvement à proximité d'une self en circuit fermé (ou court-circuitée) induit, par la loi de Faraday, une force électromotrice dans cette self. Ce phénomène est strictement identique à celui exploité dans un alternateur : l'aimant en mouvement se comporte comme un générateur, imposant sa propre tendance de courant dans le circuit.

3) *La force contre-électromotrice comme confrontation entre deux générateurs*: Dans une self alimentée par une source de courant, face à laquelle un aimant est en mouvement, deux phénomènes coexistent simultanément dans le même circuit :

- la source de courant qui alimente la self, imposant un courant selon sa propre tension ;
- l'aimant en mouvement, agissant comme générateur induit, imposant sa propre tendance de courant selon sa vitesse de déplacement et l'intensité du champ.

Ces deux sources de force électromotrice, présentes simultanément sur le même circuit, s'opposent ou se combinent selon leur polarité relative. Le courant réellement observé dans le circuit résulte de la superposition de ces deux contributions, pondérée par l'impédance du circuit. C'est cette confrontation entre deux générateurs partageant le même circuit qui constitue, physiquement, la force contre-électromotrice dans un moteur ou un actionneur électromagnétique classique : le générateur « aimant en mouvement » s'oppose au générateur « source d'alimentation » qui a initié le mouvement.

4) *Rôle du noyau (air / ferrite / fer)*: La nature du noyau de la self (air, ferrite, fer) ne change pas ce principe de confrontation entre deux générateurs, mais en modifie profondément l'amplitude et le comportement, et ce de façon dissymétrique selon le matériau.

Sur une bobine à air, la perméabilité magnétique ($\mu_r \approx 1$) ne varie pas en présence de l'aimant : l'air n'étant pas un matériau magnétique, sa perméabilité reste rigoureusement constante, que l'aimant soit présent, absent, proche ou éloigné. L'aimant modifie uniquement le flux traversant la bobine (donc la tension induite lorsqu'il se déplace), jamais les propriétés du milieu lui-même. L'inductance L de la bobine à air reste donc invariante, quelle que soit la position de l'aimant.

Sur un noyau ferromagnétique (ferrite ou fer), c'est l'inverse : la perméabilité effective du matériau n'est pas une constante, mais dépend du niveau de champ magnétique déjà présent dans le noyau, selon la courbe caractéristique B-H propre au matériau. La proximité d'un aimant permanent introduit un champ de polarisation qui vient se superposer aux propriétés intrinsèques du noyau, déplaçant son point de fonctionnement sur cette courbe. Selon la position de ce point (zone linéaire ou zone de saturation), la perméabilité effective — et donc l'inductance L de la self elle-même — varie avec la position de l'aimant. Ce comportement n'a pas d'équivalent sur une bobine à air.

5) *Conséquence énergétique de l'invariance ou de la variation de L* : Cette différence a une conséquence directe sur l'énergie magnétique stockée dans la self, telle que donnée par $W = \frac{1}{2}LI^2$.

Cas de la bobine à air : puisque L ne dépend pas de la position de l'aimant, l'énergie magnétique W stockée dans la self, à courant I constant, ne varie pas non plus lorsque l'aimant se déplace. Toute force exercée sur l'aimant, dans ce cas, provient uniquement de l'interaction directe entre le champ propre de l'aimant et le champ produit par le courant dans la self (interaction dipôle-champ), et non d'une variation du terme $\frac{1}{2}LI^2$ lui-même, puisque ce terme reste constant quelle que soit la position de l'aimant.

Cas des noyaux ferrite ou fer : puisque L varie avec la position de l'aimant, l'énergie magnétique $W = \frac{1}{2}LI^2$, à courant I maintenu constant, varie elle aussi avec cette position. Cette variation d'énergie à courant constant correspond à un terme de force supplémentaire, distinct de la simple interaction dipôle-champ décrite ci-dessus : c'est le principe à l'origine des machines dites à réluctance variable, où une force ou un couple est produit par la seule variation de la réluctance du circuit magnétique, indépendamment de toute interaction directe avec un aimant permanent.

6) *Pourquoi cette distinction compte pour la suite*: Sur une bobine à air, le bilan énergétique associé au déplacement de l'aimant ne comporte donc qu'un seul terme (l'interaction directe des champs). Sur un noyau ferromagnétique, ce bilan comporte deux termes distincts : l'interaction directe des champs, et la variation d'énergie liée à la variation de L avec la position de l'aimant (effet de réluctance). Cette seconde contribution, absente sur la bobine à air, sera reprise dans l'expérience suivante, où le comportement spécifique du noyau à aimant permanent néodyme sera examiné dans ce même cadre énergétique.

(Valeurs et principes donnés ici à titre pédagogique, illustrant la théorie électromagnétique standard, et non issus d'une mesure de laboratoire spécifique.)

B. Expérience 2 — Invariance de l'inductance en présence d'un aimant néodyme, et annulation du champ par superposition

1) *Protocole et mesure de référence*: Une bobine à air est réalisée et son inductance est mesurée : $L_0 = 120$ mH. Un courant pulsé est injecté dans cette bobine, produisant une caractéristique courant/tension typique d'une charge inductive, dont l'énergie magnétique associée est donnée par :

$$W = \frac{1}{2}L_0I^2 \quad (4)$$

2) *Insertion d'un aimant néodyme dans le noyau*: Un aimant permanent en néodyme est ensuite placé au centre de cette même bobine, sans autre modification du montage. L'inductance est mesurée à nouveau : sa valeur reste rigoureusement identique à $L_0 = 120$ mH. L'injection d'un courant de même amplitude et de même rapport cyclique produit un signal courant/tension strictement superposable au signal de référence, sans écart mesurable.

3) *Justification physique de cette invariance*: Ce résultat s'explique par une propriété connue des aimants permanents à haute coercivité comme le néodyme (NdFeB) : dans leur plage de fonctionnement normale, ces matériaux opèrent sur la partie linéaire de leur courbe de désaimantation (deuxième quadrant du cycle B-H), appelée droite de recul, décrite par :

$$B = \mu_0\mu_{rec}H + B_r \quad (5)$$

où B_r est l'induction rémanente du matériau et μ_{rec} sa perméabilité de recul. Pour les aimants NdFeB, μ_{rec} est typiquement de l'ordre de 1,05 à 1,2 — c'est-à-dire très proche de la perméabilité de l'air ($\mu_r = 1$), et sans commune mesure avec la perméabilité d'un noyau ferromagnétique doux (ferrite

ou fer), dont la valeur, non linéaire, peut atteindre plusieurs centaines à plusieurs milliers.

Cette propriété a une conséquence directe sur l'inductance de la bobine, dont l'expression générale est :

$$L = \frac{\mu_0 \mu_{r,eff} N^2 A}{l} \quad (6)$$

Puisque $\mu_{rec} \approx \mu_r(\text{air}) \approx 1$, insérer un aimant néodyme dans le noyau d'une bobine à air revient, du point de vue de l'inductance vue par le bobinage, à insérer un matériau dont la perméabilité incrémentale est quasiment identique à celle de l'air qu'il remplace. Autrement dit, aux yeux des lois physiques en vigueur, un aimant permanent opérant sur sa droite de recul se comporte, pour le bobinage, comme un second noyau à air — ce qui explique pourquoi son insertion ne modifie pas L , à la différence d'un noyau ferrite ou fer (Expérience 1).

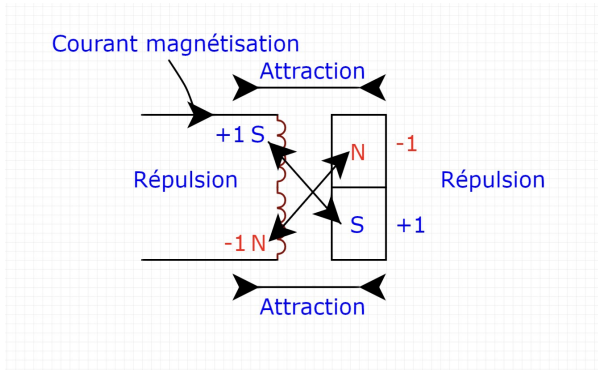


FIGURE 1. Schéma de principe de l'interaction croisée entre les pôles de la bobine (annulation par superposition) et les pôles de l'aimant permanent. Les interactions de même signe (S-S, N-N), en diagonale, sont répulsives ; les interactions de signe opposé (S-N, N-S), à hauteur égale, sont attractives.

4) Annulation du champ magnétique par superposition:

En choisissant la polarité du courant injecté dans la self de sorte que le champ qu'elle produit s'oppose à celui de l'aimant, et en ajustant son intensité, il est possible d'annuler le champ magnétique résultant au niveau de l'aimant. La Figure 1 illustre ce principe : la bobine, selon son sens d'enroulement et le sens du courant injecté, présente à ses deux extrémités des pôles (+1 S en haut, -1 N en bas) opposés à ceux de l'aimant permanent en vis-à-vis (N = -1 en haut, S = +1 en bas). Les interactions de même hauteur (bobine-haut/aimant-haut, bobine-bas/aimant-bas) sont attractives (pôles opposés), tandis que les interactions croisées en diagonale (bobine-haut/aimant-bas, bobine-bas/aimant-haut) sont répulsives (pôles de même signe). Ce résultat s'exprime comme une simple superposition vectorielle des champs :

$$\vec{B}_{net} = \vec{B}_{aimant} + \vec{B}_{self}(I) \quad (7)$$

La condition d'annulation du champ résultant au point considéré s'écrit :

$$\vec{B}_{self}(I) = -\vec{B}_{aimant} \quad (8)$$

Il est essentiel de préciser la nature exacte de ce phénomène : il s'agit d'une annulation du champ résultant mesurable à l'extérieur du système, par superposition, et non d'une

suppression de l'aimantation intrinsèque (M) du matériau. Cette distinction est physiquement significative et conditionnée par la coercivité du matériau (H_c), qui définit le champ magnétique inverse nécessaire pour désaimanter irréversiblement (même partiellement) un aimant permanent. Tant que le champ produit par la self reste inférieur, en intensité, au champ coercitif de l'aimant ($H_{self} < H_c$),

l'opération est réversible : l'aimantation intrinsèque du matériau n'est pas affectée, et le champ propre de l'aimant réapparaît intégralement, inchangé, dès la coupure du courant. Les aimants néodyme utilisés (grades N35 à N52 typiquement) présentent des champs coercitifs élevés (H_{ci} de l'ordre de 800 à plus de 2000 kA/m selon le grade), offrant une marge opérationnelle large pour rester dans ce régime réversible.

a) *Robustesse au cyclage répété.* : Une question distincte de la réversibilité immédiate concerne l'effet d'un grand nombre de cycles d'annulation répétés sur la stabilité à long terme de l'aimantation. Pour un grade N52, le champ coercitif intrinsèque (H_{ci}) se situe autour de 950 à 1500 kA/m selon les fournisseurs, tandis que le champ nécessaire à la magnétisation industrielle initiale de l'aimant est de 2 à 2,5 fois ce H_{ci} , soit environ 2000 à 3000 kA/m, appliqué par décharge de condensateur à très fort courant sur quelques millisecondes. Le champ appliqué à chaque cycle de fonctionnement, restant sous le seuil H_{ci} par construction, est donc inférieur d'un facteur d'au moins 2 à 3 au champ qui a façonné l'aimant à la fabrication — structurellement insuffisant pour réorganiser les domaines magnétiques du matériau comme le fait la magnétisation industrielle. Un effet de fatigue magnétique très lent, cumulatif sur un très grand nombre de cycles même sous ce seuil, ne peut néanmoins pas être exclu par ce seul raisonnement ; seule une mesure du champ rémanent de l'aimant avant et après un grand nombre de cycles permettrait de le confirmer ou de l'infirmer. Ce test est ajouté à la liste des vérifications prévues (Annexe C).

5) *Ce que montre cette expérience.* : Deux résultats distincts et complémentaires ressortent de cette expérience :

- 1) L'insertion d'un aimant néodyme dans le noyau d'une bobine à air ne modifie pas son inductance, parce que la perméabilité de recul de l'aimant, dans sa plage de fonctionnement normale, est physiquement équivalente à celle de l'air — un aimant permanent saturé se comporte, du point de vue de l'inductance, comme un noyau à air.
- 2) Il est possible d'annuler, par superposition de champs et sans désaimantation irréversible, le champ magnétique résultant au niveau de l'aimant, à condition de rester sous le seuil du champ coercitif du matériau. Physiquement, l'aimant demeure inchangé dans sa structure et son aimantation interne ; c'est le champ résultant observable qui devient nul.

Ces deux résultats posent les bases nécessaires à la description de l'architecture InfiniX dans l'expérience suivante, où ce même principe d'annulation par superposition est appliqué simultanément sur deux électro-aimants à noyau néodyme, disposés en vis-à-vis sur le stator et le rotor.

(Valeur d'inductance $L_0 = 120 \text{ mH}$ donnée à titre d'exemple illustratif cohérent avec la théorie ; grades et plages de coercivité issus des données constructeur usuelles pour les aimants NdFeB, non spécifiques à une mesure de laboratoire particulière.)

C. Expérience 3 — Persistance de l'induction de Faraday malgré l'annulation du champ propre, et rôle de l'ouverture complète du circuit

1) *Protocole*: Un électro-aimant à noyau néodyme (tel que décrit en Expérience 2) est alimenté en continu par une source de courant active, de sorte que son champ magnétique statique propre reste annulé par superposition pendant toute la phase d'approche. Un aimant permanent externe, solidaire du rotor, est approché de cet électro-aimant selon trois positions repères : A (éloigné), B (directement en vis-à-vis), et C (position atteinte après réapparition du champ).

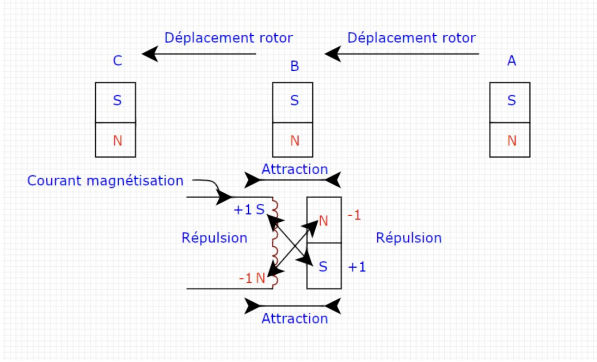


FIGURE 2. Séquence de déplacement du rotor (positions A, B, C) face à l'électro-aimant à noyau néodyme dont le champ propre est annulé par superposition. Le schéma reprend la même convention de polarité et d'interaction croisée que la Figure 1.

2) *Phase A→B : l'annulation du champ propre n'exempte pas la self de la loi de Faraday*: Une hypothèse intuitive pourrait être formulée ainsi : puisque le champ propre de l'aimant du noyau est annulé, et que l'aimant externe en approche ne subit lui-même aucune force de réaction magnétique, on pourrait supposer qu'aucune force contre-électromotrice n'est induite dans la self pendant cette phase. Cette hypothèse est incorrecte, et il est important de le démontrer explicitement.

Le flux total lié à la self s'écrit comme la somme du flux propre (produit par le courant I qu'elle transporte) et du flux externe (produit par l'aimant du rotor en approche) :

$$\lambda = N\Phi_{total} = N(\Phi_{self} + \Phi_{ext}) \quad (9)$$

La tension induite totale, par la loi de Faraday, est :

$$e = -\frac{d\lambda}{dt} = -N\frac{d\Phi_{self}}{dt} - N\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \quad (10)$$

Comme établi en Expérience 2, la perméabilité de recul de l'aimant néodyme étant quasiment identique à celle de l'air, l'inductance L de la self ne varie pas avec la position de l'aimant externe. Si le courant I est maintenu constant par la source active, $\Phi_{self} = LI$ reste lui aussi constant, et son terme de dérivée s'annule :

$$\frac{d\Phi_{self}}{dt} = 0 \quad (11)$$

En revanche, le flux produit par l'aimant externe en approche, Φ_{ext} , varie nécessairement avec la position de cet aimant, et ce indépendamment de l'état d'annulation du champ propre du noyau :

$$\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \neq 0 \quad \text{tant que l'aimant externe est en mouvement} \quad (12)$$

Il en résulte que $e = -N\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \neq 0$: une tension induite existe bel et bien dans la self pendant l'approche, imputable uniquement au mouvement de l'aimant externe. Pour maintenir le courant I constant face à cette tension induite, la source de courant active doit fournir ou absorber une contribution énergétique supplémentaire, exactement de la même nature qu'une force contre-électromotrice. L'annulation du champ propre du noyau, obtenue par superposition (Expérience 2), ne supprime donc pas ce phénomène : elle concerne uniquement l'interaction entre le champ propre de l'aimant du noyau et le champ produit par son propre courant, pas la réponse de la self, en tant que conducteur bobiné, à toute variation de flux externe.

3) *Phase en B : ouverture complète du circuit*: Lorsque l'aimant externe atteint la position B, le circuit d'alimentation de la self est ouvert intégralement (impédance infinie, plus aucun courant possible). Cette coupure brutale d'un courant circulant dans une inductance constitue en elle-même un phénomène transitoire notable : la tension aux bornes de la self tend, en théorie, vers :

$$V = -L\frac{dI}{dt} \quad (13)$$

qui diverge si la coupure est instantanée. En pratique, ce phénomène (bien documenté sous le nom de tension de coupure inductive, ou *flyback*) nécessite un circuit de protection (diode de roue libre, circuit d'écrêtage) pour éviter un arc électrique aux bornes de l'interrupteur.

Une fois le courant retombé à zéro, le champ magnétique statique propre de l'aimant du noyau, qui n'est plus annulé par superposition, se rétablit à sa valeur naturelle. L'aimant du noyau et l'aimant externe du rotor, désormais tous deux actifs magnétiquement, entrent en interaction directe (attraction ou répulsion selon leur orientation relative), produisant la force mécanique qui déplace le rotor de B vers C.

4) *Phase B→C : disparition de l'effet générateur, par ouverture du circuit*: Le point déterminant de cette expérience est la différence de comportement entre les deux phases. Pendant la phase A→B, la self constituait un circuit fermé (alimenté activement), et toute variation de flux externe y induisait une tension, conformément à la loi de Faraday, avec un courant I non nul effectivement présent dans le bobinage. Pendant la phase B→C, en revanche, le circuit est ouvert (impédance infinie). La loi d'Ohm impose alors :

$$I = \frac{e}{R_{circuit}} \xrightarrow{R_{circuit} \rightarrow \infty} I = 0 \quad (14)$$

quelle que soit la tension induite e par le mouvement de l'aimant externe s'éloignant de B vers C. Une tension induite peut toujours apparaître, en théorie, aux bornes ouvertes de la self, mais aucun courant ne peut circuler dans un circuit

rompu. Or, c'est la circulation d'un courant induit, et son interaction avec le champ magnétique, qui produit une force de réaction mécanique (effet générateur). En l'absence de courant possible, cette force de réaction est structurellement absente pendant la phase B→C, et seule subsiste l'interaction magnétique directe aimant-aimant à l'origine du déplacement du rotor.

5) *Ce que montre cette expérience*: Cette expérience établit une distinction essentielle, nécessaire à la compréhension de l'architecture InfiniX complète : l'annulation du champ propre d'un noyau par superposition (Expérience 2) ne suffit pas, à elle seule, à supprimer toute réaction électromagnétique liée au mouvement d'un aimant externe, tant que le circuit de la self reste fermé. C'est l'ouverture complète du circuit — et non la seule annulation du champ statique — qui supprime la possibilité d'un courant induit, et donc de la force de réaction associée. Cette distinction entre annulation de champ (superposition, à circuit fermé) et suppression de courant induit (circuit ouvert) conditionne directement la conception de l'architecture complète du système InfiniX, où stator et rotor doivent tous deux respecter une séquence précise d'annulation et d'ouverture, examinée dans l'expérience suivante.

D. Expérience 4 — Bilan magnétique nul sur l'ensemble stator/rotor, et test de rotation sans induction

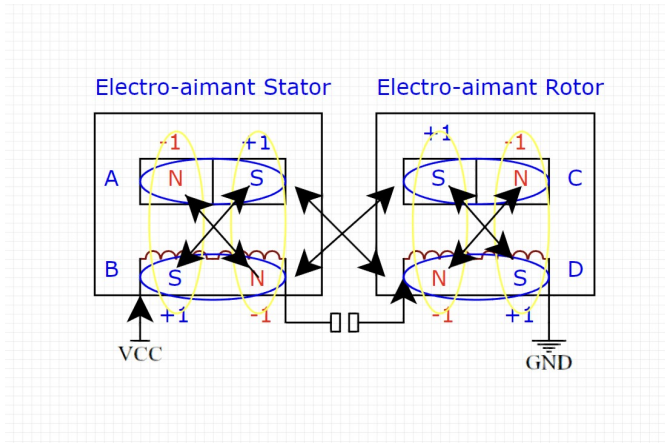


FIGURE 3. Architecture complète du système InfiniX : électro-aimant stator (aimants A, B) et électro-aimant rotor (aimants C, D), chacun composé d'une self et d'un aimant néodyme. Les deux selfs sont reliées en continuité électrique par un contact glissant (charbon). Le courant magnétisant, injecté simultanément dans les deux selfs, annule par superposition le champ propre de chacun des quatre pôles.

1) *Protocole et architecture*: La Figure 3 présente l'architecture complète du système InfiniX : un électro-aimant stator et un électro-aimant rotor, chacun composé d'une self et d'un aimant permanent néodyme, disposés en vis-à-vis. Les deux aimants néodyme (stator et rotor) sont orientés en configuration de répulsion magnétique mutuelle. Les deux selfs (stator et rotor) sont reliées électriquement en continuité par un contact glissant (charbon), assurant qu'un seul et même courant magnétisant I circule simultanément dans les deux bobinages, avec la polarité choisie pour annuler, par superposition (voir Expérience 2), le champ propre de chacun des deux aimants.

2) *Formalisation du bilan magnétique*: En reprenant la convention de polarité déjà établie ($N \equiv +1$, $S \equiv -1$), l'interaction entre deux pôles magnétiques p_i et p_j peut s'exprimer, pour une géométrie symétrique où les deux pôles considérés sont à égale distance r du repère d'observation, par un indice d'interaction :

$$F(p_i, p_j) = k \cdot \frac{p_i \cdot p_j}{r^2} \quad (15)$$

où $k > 0$ est une constante liée à l'intensité des champs en présence, et où $F > 0$ correspond à une répulsion, $F < 0$ à une attraction.

Sur l'électro-aimant stator, deux aimants (désignés A et B sur la Figure 3) sont en présence, chacun disposant d'un pôle N et d'un pôle S. Le bilan magnétique complet entre ces deux aimants comporte quatre interactions pôle-à-pôle : nord contre nord, sud contre sud (répulsions), et les deux combinaisons nord-sud (attractions) :

$$\Sigma F_{stator} = F(N_A, N_B) + F(S_A, S_B) + F(N_A, S_B) + F(S_A, N_B) \quad (16)$$

$$= \frac{k}{r^2} \left[(+1)(+1) + (-1)(-1) + (+1)(-1) + (-1)(+1) \right] \quad (17)$$

$$= \frac{k}{r^2} (1 + 1 - 1 - 1) = 0 \quad (18)$$

Le même raisonnement, appliqué à l'électro-aimant rotor (aimants C et D), conduit strictement au même résultat :

$$\Sigma F_{rotor} = 0 \quad (19)$$

Ce calcul repose sur une hypothèse simplificatrice d'équidistance des pôles par rapport à un repère d'observation commun, qui constitue une idéalisation de la géométrie réelle de l'assemblage plutôt qu'une démonstration rigoureuse valable en tout point de l'espace. Cette limite théorique est levée par la mesure directe décrite ci-après.

3) *Vérification par mesure directe (sonde à effet Hall)*: Afin de s'affranchir des limites de l'approximation géométrique du calcul précédent, une sonde à effet Hall (teslamètre) est placée directement au niveau de chacun des quatre aimants, pour mesurer le champ magnétique local résultant pendant la phase de magnétisation. Aucun champ local résiduel n'est détecté, à la résolution de l'instrument utilisé, au niveau d'aucun des quatre pôles. Cette mesure empirique directe confirme, indépendamment de l'hypothèse géométrique simplificatrice du calcul de bilan, l'annulation du champ résultant à l'emplacement de chaque aimant.

Cette annulation ne se limite pas au point précis occupé par l'aimant. Le noyau de la self et l'aimant permanent qu'il contient étant co-localisés, avec des moments dipolaires magnétiques opposés, le champ résultant s'annule, dans l'approximation dipolaire, en tout point de l'espace environnant, et non uniquement au centre du noyau — une propriété générale du champ produit par deux dipôles co-localisés de moments opposés. **Cette extension spatiale de l'annulation a été vérifiée directement par sonde à effet Hall, en déplaçant l'instrument à plusieurs distances et positions autour de la self, y compris à proximité immédiate du bobinage,**

sans détecter de champ résiduel significatif au-delà de la résolution de l'instrument. Un point de mesure mérite d'être souligné explicitement : ces relevés couvrent spécifiquement la région de l'espace occupée par la self opposée (rotor pour le stator, et réciproquement) — pas seulement l'espace général environnant la self mesurée — ce qui permet, comme détaillé plus loin dans cette même section, d'appliquer directement le critère physique décisif pour l'inductance mutuelle. Ce résultat borne l'extension d'un éventuel couplage par inductance mutuelle entre les bobines de stator et de rotor (voir plus loin dans cette même section) : **le champ propre de chaque self, mesuré nul jusqu'au voisinage immédiat de son propre bobinage et spécifiquement dans la région occupée par la self opposée, n'est pas disponible pour induire un couplage significatif.**

4) *Conséquence sur le système complet*: Le bilan théorique de chaque électro-aimant (stator, rotor) étant nul, et cette annulation étant corroborée par la mesure directe au niveau de chaque pôle, le champ magnétique résultant au niveau des quatre aimants s'annule :

$$\vec{B}_{total}(\vec{r}_i) \approx 0 \quad \text{au niveau de chaque pôle } i \quad (20)$$

Dans ces conditions, le courant magnétisant I injecté simultanément dans les deux selfs, via leur connexion en continuité électrique, n'a pas pour fonction de produire un déplacement du rotor. Sa fonction est d'annuler mutuellement, dans l'ensemble de l'espace concerné, les champs magnétiques des quatre pôles en présence.

5) *Test de validation : absence de variation de courant pendant la rotation*: Pour vérifier que cette annulation persiste non seulement à l'arrêt, mais également pendant le mouvement relatif du rotor par rapport au stator, le protocole suivant est appliqué : le courant magnétisant est injecté dans les selfs pendant que le rotor est entraîné en rotation, et le courant circulant dans le circuit série (stator-rotor) est surveillé en continu par sonde de courant.

Si le bilan magnétique nul décrit ci-dessus est correct, alors, par la loi de Faraday, aucune variation de flux net ne doit être détectée pendant la rotation, puisque $\vec{B}_{total} = 0$ à tout instant et pour toute position relative du rotor :

$$\begin{aligned} e_{induit} &= -\frac{d\Phi_{total}}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\oint \vec{B}_{total} \cdot d\vec{A} \right) \\ &= 0 \quad \text{si } \vec{B}_{total} = 0 \quad \forall t \end{aligned} \quad (21)$$

Le résultat observé confirme cette prédiction : aucune variation du courant dans les selfs n'est mesurée pendant la rotation, quelle que soit la position angulaire du rotor. Ce résultat démontre que l'annulation du champ magnétique, obtenue par le bilan à quatre interactions décrit ci-dessus, ne se limite pas à une configuration statique particulière, mais se maintient dans l'ensemble de l'espace balayé par la rotation.

6) *Relâchement du courant au point mort haut*: Lorsque le stator atteint la position de point mort haut (par analogie avec le cycle d'un moteur à combustion, désignant ici l'alignement optimal entre stator et rotor pour la production de couple), le courant injecté dans les selfs est interrompu, selon le mécanisme d'ouverture de circuit décrit en Expérience 3.

Cette interruption fait disparaître la condition d'annulation par superposition : le champ magnétique naturel des aimants néodyme, stator et rotor, réapparaît alors instantanément, et l'interaction directe entre les quatre pôles, désormais non compensée, produit la force mécanique à l'origine de l'avancement du rotor.

7) *Ce que montre cette expérience*: Cette expérience établit que l'architecture complète du système InfiniX — deux électro-aimants à noyau néodyme, en vis-à-vis, dont les selfs sont reliées en continuité électrique — permet une annulation du champ magnétique dont le bilan, nul par construction (deux répulsions, deux attractions, de même magnitude), se vérifie non seulement à l'arrêt mais tout au long de la rotation, ainsi que le confirme l'absence de variation de courant mesurée. Cette annulation globale, distincte et complémentaire du mécanisme d'ouverture de circuit décrit en Expérience 3, constitue le principe de fonctionnement complet de l'anti-moteur InfiniX.

8) *Test de contrôle en trois états*: Pour isoler précisément la condition nécessaire et suffisante à la production d'une force mécanique, un test de contrôle en trois états est réalisé :

- 1) **Absence de courant magnétisant** : le système est laissé sans excitation. Aucune séquence de commutation n'étant appliquée, aucune rotation continue n'est observée — seule une interaction statique ponctuelle entre les pôles en présence peut se produire, insuffisante à elle seule pour entretenir un mouvement de rotation.
- 2) **Selfs magnétisées (champ annulé par superposition)** : le courant magnétisant étant appliqué selon le protocole des Expériences 2 et 4, le bilan magnétique de l'ensemble est nul (Section précédente). Aucune rotation n'est observée dans cet état : les pôles en présence ne s'interagissent plus, et rien ne s'oppose ni ne favorise leur déplacement relatif.
- 3) **Ouverture du circuit, aimants correctement positionnés** : lorsque le circuit est ouvert selon le mécanisme décrit en Expérience 3, alors que le rotor se trouve dans une position angulaire où les pôles stator/rotor sont en configuration de répulsion (Figure 3), le champ magnétique naturel des quatre aimants réapparaît instantanément. L'interaction directe, désormais non compensée, produit une force mécanique mesurable, à l'origine du déplacement angulaire du rotor.

Seule la troisième condition — ouverture du circuit combinée à un positionnement angulaire adéquat des aimants — produit une force mécanique exploitable. Les deux premières conditions, prises isolément, ne produisent aucune rotation continue, ce qui confirme que c'est bien la séquence de commutation (magnétisation puis ouverture, synchronisée à la position angulaire) qui est à l'origine du fonctionnement du système, et non l'un ou l'autre état pris séparément.

9) *Question de l'inductance mutuelle entre bobines stator et rotor*: Une objection reçue avance qu'indépendamment de l'état d'annulation du champ des aimants, l'inductance mutuelle $M(\theta)$ entre la bobine de stator et la bobine de rotor pourrait varier avec l'angle relatif θ des deux bobines, et que

cette variation, à courant maintenu constant par la source, impliquerait un travail fourni par cette dernière pendant la phase de rapprochement — indépendamment du mécanisme d'annulation par superposition décrit en Expérience 2.

Pour deux bobines couplées parcourues par un courant I commun (montage en série tel que décrit en Expérience 4), l'énergie magnétique totale du système s'écrit :

$$W = \frac{1}{2}L_{stator}I^2 + \frac{1}{2}L_{rotor}I^2 + M(\theta)I^2 \quad (22)$$

où le troisième terme représente la contribution de l'inductance mutuelle entre les deux bobines. Le couple associé à ce terme, à courant constant, s'exprime comme :

$$\tau_M = I^2 \frac{dM}{d\theta} \quad (23)$$

C'est précisément ce terme, non nul si $M(\theta)$ varie avec l'angle, que l'objection identifie comme source potentielle d'un travail fourni par la source pendant le rapprochement.

Ce terme d'énergie ne peut se manifester que pendant la phase où un courant circule effectivement dans les deux bobines, sa dépendance en I^2 impliquant son annulation dès que $I = 0$. Une mesure directe de $M(\theta)$ par pont RLC ou impédancemètre n'est pas réalisable dans les conditions de fonctionnement du système : ces instruments imposent leur propre signal de test et ne peuvent fournir une lecture fiable en présence d'un courant de magnétisation externe déjà établi dans les bobines. Cette limite instrumentale est reconnue explicitement plutôt que contournée.

En l'absence de cette mesure directe, une évaluation indirecte a été conduite, exploitant la même relation tension-courant que celle détaillée en Section IX : si $M(\theta)$ varie de façon significative avec l'angle, la force électromotrice associée,

$$e_M = I \frac{dM}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = I \frac{dM}{d\theta} \omega \quad (24)$$

doit être compensée par une variation de la tension fournie par la source pour maintenir le courant constant, exactement comme pour toute force électromotrice induite. Le courant, la tension et le déphasage du circuit ont été surveillés en continu pendant que les deux électro-aimants, alimentés simultanément pour maintenir l'annulation par superposition, sont déplacés l'un par rapport à l'autre sur l'ensemble des angles relatifs accessibles. Aucune variation de courant, de tension, ni de déphasage n'a été mesurée sur l'ensemble de cette plage, ce qui borne la variation de $M(\theta)$ à une valeur compatible avec l'absence d'effet mesurable, sans en fournir une caractérisation quantitative directe.

Après l'ouverture du circuit, le courant devient nul ($I = 0$) ; le terme d'énergie associé à l'inductance mutuelle, proportionnel à I^2 , s'annule alors nécessairement, indépendamment de la valeur de $M(\theta)$ à cet instant. Le mécanisme proposé par l'objection ne peut donc pas s'exprimer dans cette seconde phase, où seule l'interaction magnétique directe entre les aimants permanents, désormais non compensée, est à l'origine du mouvement du rotor.

Une mesure directe de $M(\theta)$, réalisée hors alimentation active — par exemple à l'aide d'un signal de test de faible niveau, sans le courant de magnétisation — permettrait de

lever cette limite instrumentale et de quantifier précisément cette grandeur sur l'ensemble du cycle. Ce test est ajouté à la liste des vérifications prévues.

Un élément de réponse complémentaire, plus rigoureux que l'argument géométrique initialement avancé, permet de trancher cette question sans ambiguïté. Le critère physique décisif pour l'existence d'une inductance mutuelle n'est pas l'annulation du champ résultant en un point donné, mais l'annulation du **flux** du champ produit par une self à travers la surface délimitée par les spires de l'autre self :

$$\Phi_{21} = \int_{S_{rotor}} \vec{B}_{stator} \cdot d\vec{S}, \quad M_{21} = \frac{N_{rotor} \Phi_{21}}{I_{stator}} \quad (25)$$

Un champ interne important au sein d'une self (celui qui définit sa propre auto-inductance L) ne constitue pas, à lui seul, un couplage avec la self opposée : seul compte le champ produit par une self et présent spécifiquement dans la région de l'espace occupée par l'autre self. Si ce champ externe y est mesuré nul, alors $\Phi_{21} \approx 0$ et, par voie de conséquence directe, $M \approx 0$:

$$\vec{B}_{stator} \approx 0 \text{ dans la région du rotor} \Rightarrow \Phi_{21} \approx 0 \Rightarrow M \approx 0 \quad (26)$$

C'est précisément ce qui a été établi par la mesure décrite plus haut (vérification par sonde à effet Hall, Expérience 4) : les relevés couvrent spécifiquement la région occupée par la self opposée, et non un voisinage général de la self mesurée. **L'annulation du champ étant vérifiée dans cette région précise, le flux Φ_{21} qui définit l'inductance mutuelle est nul, et le terme d'énergie d'interaction $M \cdot I_{stator} I_{rotor}$ n'a pas de canal physique pour exister** — indépendamment de toute variation résiduelle qui pourrait par ailleurs être mesurée sur l'inductance totale du système, laquelle ne pourrait alors être attribuée à un couplage mutuel magnétique classique, et devrait être recherchée dans d'autres phénomènes (couplage capacitif, capacités parasites, artefact de méthode de mesure).

10) *Coût énergétique du courant magnétisant* : Un point de bilan énergétique mérite d'être formalisé ici. Comme établi en Expérience 2, la perméabilité de recul de l'aimant néodyme étant quasiment identique à celle de l'air ($\mu_{rec} \approx 1$), l'inductance L de chaque self ne dépend pas de la présence ni de la position de l'aimant qu'elle annule. Il en résulte que l'énergie associée au champ magnétique de la self, $W_L = \frac{1}{2}LI^2$, est une grandeur fixe pour un courant I donné, indépendante de l'état d'annulation du champ de l'aimant — c'est-à-dire qu'aucun terme d'énergie supplémentaire n'est requis, en régime établi, pour maintenir cette annulation face au champ de l'aimant lui-même.

Une fois le régime permanent atteint ($dI/dt = 0$), la seule puissance électrique consommée par la self correspond aux pertes résistives dans le bobinage :

$$P_{Joule} = R_{self} \cdot I^2 \quad (27)$$

où R_{self} est la résistance série du bobinage. L'énergie dissipée pendant une durée de magnétisation T_D s'écrit donc :

$$W_{Joule} = R_{self} \cdot I^2 \cdot T_D \quad (28)$$

Cette relation indique que le coût énergétique du maintien de l'annulation du champ magnétique des aimants néodyme

se limite, dans le cadre de l'hypothèse de la perméabilité de recul (Section VII), aux pertes Joule ordinaires de la self, et ne comporte pas de terme supplémentaire lié à un travail contre le champ propre de l'aimant. L'énergie $\frac{1}{2}LI^2$ nécessaire à l'établissement initial du courant dans la self reste, quant à elle, une énergie de champ classique, recouvrable au moment de l'ouverture du circuit (Expérience 3), et non une énergie dissipée.

À titre d'illustration chiffrée, sur un cycle mesuré où une énergie de 200 J est injectée dans le circuit : 160 J sont dissipés par pertes Joule dans la résistance du fil, et 40 J sont associés au champ magnétique de la self au moment de l'annulation. Cette seconde quantité n'est pas perdue : elle est récupérée à l'ouverture du circuit au moyen d'un circuit de protection à diode de roue libre, selon une technique standard d'électronique de puissance. Le bilan électrique est cohérent (160 + 40 = 200 J), sans terme manquant ni excédent à ce stade du raisonnement — ce bilan électrique reste néanmoins distinct de la question, plus large, du bilan énergétique mécanique global du système, qui demeure hors du périmètre du présent article (Section XII).

IX. MESURES ET JUSTIFICATION DES MESURES

Cette section synthétise les grandeurs mesurées au cours des expériences décrites précédemment, et justifie, formule à l'appui, pourquoi chacune d'elles a été retenue pour valider ou invalider les hypothèses formulées à chaque étape.

A. Inductance (L)

La mesure de l'inductance, à l'aide d'un pont RLC ou d'un impédancemètre, constitue la mesure de référence des Expériences 1 et 2, car L est directement liée à la perméabilité effective du noyau :

$$L = \frac{\mu_0 \mu_{r,\text{eff}} N^2 A}{l} \quad (29)$$

Toute variation de perméabilité effective, quelle qu'en soit la cause (déplacement d'un aimant, saturation), se traduit par une variation proportionnelle de L , à géométrie de bobinage constante (N , A , l fixés) :

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta \mu_{r,\text{eff}}}{\mu_{r,\text{eff}}} \quad (30)$$

Cette relation directe justifie l'usage de L comme indicateur de perméabilité : détecter une variation d'inductance supérieure à la résolution de l'instrument revient à détecter une variation de perméabilité du noyau. Le résultat obtenu (absence de variation mesurable) constitue donc un test quantitatif direct de l'hypothèse de la perméabilité de recul quasi unitaire de l'aimant néodyme, et non une simple observation qualitative.

B. Signal courant/tension (oscilloscope, sondes de courant et de tension)

La comparaison des formes d'onde courant/tension, avant et après insertion de l'aimant néodyme, complète la mesure d'inductance en vérifiant l'ensemble de la réponse dynamique

du circuit. L'écart entre deux signaux $I_{ref}(t)$ et $I_{test}(t)$ est quantifié par une erreur relative intégrée :

$$\varepsilon = \frac{\int_0^T |I_{ref}(t) - I_{test}(t)| dt}{\int_0^T I_{ref}(t) dt} \quad (31)$$

Une superposition « à 100 % », telle que rapportée, correspond à une valeur de ε inférieure à la résolution combinée de l'oscilloscope et des sondes utilisées. Cette mesure est nécessaire car deux configurations pourraient présenter la même inductance statique (mesurée au repos, à faible signal) tout en différant par un comportement dynamique sous excitation pulsée (pertes additionnelles, effets de saturation localisée transitoire) ; seule la comparaison de ε sur l'ensemble de la forme d'onde permet d'exclure ce type d'écart.

C. Absence de ralentissement du rotor et de variation de consommation

Ces deux mesures (tachymètre ; consommation du moteur d'assistance) sont justifiées par leur lien direct avec la définition du couple résistant induit par un couplage électromagnétique classique. Dans le cas d'école (moteur classique en court-circuit), la force électromotrice induite $E = K_e \omega$ génère, dans le circuit court-circuité de résistance totale R , un courant :

$$I_{induit} = \frac{K_e \omega}{R} \quad (32)$$

produisant à son tour, par $T = K_t I$, un couple résistant :

$$\begin{aligned} T_{resistant} &= K_t \cdot I_{induit} \\ &= \frac{K_t K_e}{R} \omega \quad (\text{avec } K_t = K_e) \end{aligned} \quad (33)$$

Ce couple résistant impose une puissance mécanique supplémentaire au moteur d'assistance pour maintenir ω constant :

$$P_{resistant} = T_{resistant} \cdot \omega = \frac{K_e^2}{R} \omega^2 \quad (34)$$

Cette relation prédit, pour un moteur classique, une valeur non nulle et calculable de $P_{resistant}$, détectable par tachymètre (variation de ω si le moteur d'assistance n'est pas asservi) ou par mesure de consommation (variation proportionnelle à ω^2 si le moteur d'assistance compense). L'emploi conjoint des deux mesures réduit le risque de faux négatif, une régulation de vitesse pouvant en théorie masquer une variation de ω sans faire apparaître de variation de consommation, selon sa bande passante. Sur le système InfiniX, l'absence conjointe de variation sur les deux mesures, alors que $P_{resistant}$ serait non nulle et détectable dans le cas classique pour un R et un ω comparables, constitue le résultat rapporté.

D. Courant dans le circuit stator-rotor pendant la rotation

Cette mesure découle directement de la loi de Faraday appliquée au bilan magnétique nul établi en Expérience 4 :

$$e_{induit} = -\frac{d\Phi_{total}}{dt}, \quad \Phi_{total} = \oint \vec{B}_{total} \cdot d\vec{A} \quad (35)$$

Puisque $\vec{B}_{total} = 0$ en tout point si le bilan à quatre interactions est vérifié (Expérience 4), $e_{induit} = 0$ est prédit

pour toute vitesse de rotation ω et toute position angulaire $\theta(t)$ du rotor. Toute déviation de cette prédiction se traduirait par un courant additionnel :

$$\Delta I = \frac{e_{induit}}{R_{circuit}} \neq 0 \quad (36)$$

délectable par une sonde de courant de résolution ΔI_{min} inférieure à cette valeur attendue.

L'absence de variation observée sur l'ensemble du cycle de rotation constitue donc une validation continue, angle par angle, du bilan magnétique nul, et non une vérification ponctuelle limitée à une seule position relative stator/rotor.

E. Comparaison rotor bloqué / rotor en rotation (tension, courant, déphasage)

Au-delà de la seule invariance du courant, une comparaison plus complète du signal électrique a été conduite entre deux états testés dans des conditions de magnétisation strictement identiques : rotor bloqué, et rotor en rotation libre. Cette comparaison porte simultanément sur trois grandeurs — tension aux bornes de la source, courant, et déphasage entre les deux — plutôt que sur le courant seul. La justification de cette approche est directe : si un mécanisme de couplage résiduel existait (force électromotrice induite, inductance mutuelle variable avec l'angle), il devrait se traduire par une modification d'au moins une de ces trois grandeurs entre les deux états, la source devant nécessairement compenser ce couplage d'une façon ou d'une autre pour maintenir le courant réglé.

Les trois signaux (tension, courant, déphasage) restent superposables entre les deux états, rotor bloqué ou en rotation, ce qui constitue un test direct plutôt qu'une simple déduction théorique.

F. Mesure du couple sous charge (frein de Prony)

Pour vérifier que le système produit un couple exploitable et non une simple rotation en régime de frottement minimal, un test sous charge mécanique volontaire a été conduit au moyen d'un frein de Prony, imposant une résistance mécanique réglable directement sur l'axe du rotor — à la différence d'un test en roue libre, qui ne caractérise que les pertes passives (frottements, inertie) du système.

Le couple net mesuré sur cycle complet, en présence de cette charge active, est positif, ce qui indique que le système fournit un travail mécanique utile au-delà de la simple compensation de ses propres frottements internes. Cette mesure caractérise un couple net moyenné sur le cycle ; elle ne distingue pas la contribution de chacune des deux phases (rapprochement annulé, répulsion) prise séparément — une mesure de couple instantané, phase par phase, reste nécessaire pour cette décomposition fine (voir Discussion, Section XII).

G. Corrélation entre énergie réactive de la self et énergie cinétique du rotor

Une mesure complémentaire compare, sur plusieurs conditions testées à des niveaux d'énergie réactive différents (associée au champ des selfs lors de l'annulation), l'énergie cinétique du rotor au moment de la poussée, cette dernière

étant calculée indépendamment à partir de la masse du rotor et de sa vitesse mesurée — une méthode de calcul distincte de la mesure électrique de l'énergie réactive elle-même.

Sur l'ensemble des points testés, une correspondance proche du rapport 1 : 1 est observée entre l'énergie réactive de la self et l'énergie cinétique du rotor à la poussée, suggérant une relation systématique plutôt qu'une coïncidence isolée à un seul point de fonctionnement. Cette corrélation ne constitue pas, à elle seule, une preuve d'un lien de causalité directe entre les deux grandeurs — les deux mesures pourraient converger vers cette valeur sans que l'une soit strictement la source de l'autre — mais elle constitue un résultat quantitatif reproductible sur plusieurs conditions, qui mérite d'être rapporté tel quel.

H. Tension aux bornes du circuit lors de l'ouverture

La mesure de tension lors de l'ouverture du circuit (Expérience 3) caractérise le régime transitoire inductif :

$$V(t) = -L \frac{dI}{dt} \quad (37)$$

dont la constante de temps caractéristique, pour un circuit RL, est $\tau_{elec} = L/R$. Cette mesure permet de vérifier que la durée de ce régime transitoire électrique reste très inférieure à la constante de temps mécanique du système ($\tau_{elec} \ll \tau_{mech}$), condition nécessaire pour que la réapparition du champ magnétique et la mise en mouvement du rotor qui en résulte puissent être considérées comme un événement électriquement quasi instantané par rapport à la réponse mécanique observée. Cette mesure a également une fonction de dimensionnement du circuit de protection (diode de roue libre ou circuit d'écrêtage), nécessaire à la reproductibilité du protocole par des tiers sans risque de dommage au circuit de commutation.

I. Synthèse

L'ensemble de ces mesures a été choisi de manière à tester, à chaque étape du protocole, une prédiction quantitative précise découlant directement des lois électromagnétiques classiques (loi de Faraday, relation $L(\mu_r)$, couple résistant en court-circuit), plutôt que de se limiter à une observation qualitative du comportement global du système. Cette approche permet, pour chaque expérience, d'identifier précisément quelle prédiction est confirmée ou infirmée par la mesure, condition nécessaire à une réplication rigoureuse par un laboratoire tiers.

X. CARACTÉRISATION DES APPAREILS

A. Instruments utilisés

Les mesures rapportées dans cet article ont été réalisées à l'aide des instruments suivants :

- **Oscilloscope numérique**, utilisé pour l'ensemble des mesures de forme d'onde courant/tension, des mesures de régime transitoire (ouverture de circuit, Expérience 3), et de la surveillance continue du courant pendant la rotation (Expérience 4).
- **Sonde de courant à effet Hall** (bande passante DC–100 kHz), utilisée pour toutes les mesures de courant, y compris en régime pulsé.

- **Teslamètre à sonde à effet Hall (statique)**, utilisé pour la mesure directe du champ magnétique local au niveau de chaque aimant pendant la phase de magnétisation (Expérience 4).

B. Calibration

L'ensemble des sondes utilisées (courant, tension) a fait l'objet d'une calibration préalable à chaque campagne de mesure, incluant une mise à zéro (tare) et une vérification du facteur de sensibilité (mV/A pour la sonde de courant) avant chaque série d'essais.

C. Vérification croisée

Chaque mesure rapportée dans cet article a été vérifiée par recoupement, à l'aide d'une seconde sonde et d'un second oscilloscope indépendants du premier montage de mesure, afin d'exclure toute anomalie ou dérive spécifique à un instrument unique. Cette double instrumentation constitue une garantie méthodologique contre les artefacts de mesure liés à un défaut de calibration ou de bande passante d'un appareil isolé.

D. Vérification par des tiers

Les résultats présentés dans cet article ont également fait l'objet d'une vérification par des personnes tierces, indépendantes du protocole de mesure initial, avant leur inclusion dans cette publication.

E. Mesure des paramètres du courant magnétisant

Le courant magnétisant injecté dans les selfs a été testé selon quatre conditions expérimentales, combinant deux modes d'injection et deux états du rotor :

	Rotor à l'arrêt	Rotor en rotation
Courant continu (DC)	Condition 1	Condition 2
Courant pulsé	Condition 3	Condition 4

TABLE I

MATRICE DES QUATRE CONDITIONS DE TEST DU COURANT MAGNÉTISANT.

Pour chacune de ces quatre conditions, le courant circulant dans le circuit série stator-rotor a été surveillé en continu par sonde de courant et oscilloscope, à la recherche de toute variation $\Delta I(t)$ par rapport à la valeur de consigne injectée.

1) *Justification de cette matrice de test*: Cette matrice découle directement de la prédiction du bilan magnétique nul établi en Expérience 4 : si $\vec{B}_{total} = 0$ en tout point de l'espace balayé par le rotor (condition indépendante du mode d'injection), alors, par la loi de Faraday :

$$e_{induit}(t) = -\frac{d\Phi_{total}}{dt} = 0 \quad \forall t \quad (38)$$

que le courant I soit maintenu constant (DC) ou modulé en impulsions (pulsé), et que le rotor soit à l'arrêt ou en rotation. Tester les quatre combinaisons permet d'exclure qu'un artefact spécifique à un seul mode d'injection (par exemple un phénomène transitoire propre au régime pulsé) explique à lui seul l'absence de variation observée, et de confirmer que cette absence de variation est bien une propriété du bilan magnétique global du système, et non un effet de méthode de mesure lié à un mode d'excitation particulier.

2) *Résultat*: Dans les quatre conditions testées, aucune variation de courant $\Delta I(t)$ n'a été mesurée au-delà de la résolution de la sonde de courant utilisée, confirmant la prédiction du bilan magnétique nul de façon indépendante du mode d'injection du courant et de l'état de rotation du rotor.

XI. RÉSULTATS

A. Synthèse des résultats par expérience

L'Expérience 1 a établi le cadre théorique de référence : sur un noyau ferromagnétique classique, le déplacement d'un aimant modifie à la fois le flux capté et l'inductance de la self, via la dépendance de la perméabilité effective au point de fonctionnement sur la courbe B-H.

L'Expérience 2 a montré que **l'insertion d'un aimant néodyme dans une bobine à air ne modifie ni l'inductance ($\Delta L = 0$, à la résolution de l'instrument) ni la réponse dynamique du circuit**, et qu'une annulation réversible du champ résultant est obtenue par superposition, sans désaimantation.

L'Expérience 3 a établi que cette annulation, à circuit fermé, n'élimine pas la réponse de Faraday à un flux externe variable ($e = -N d\Phi_{ext}/dt \neq 0$), et que seule l'ouverture complète du circuit ($R \rightarrow \infty$) supprime la possibilité d'un courant induit, quelle que soit la tension présente aux bornes ouvertes.

L'Expérience 4 a établi, par un bilan à quatre interactions pôle-à-pôle (deux répulsions, deux attractions, de magnitude égale), que **le champ résultant de l'ensemble stator/rotor est nul en tout point de l'espace balayé par la rotation**, prédiction confirmée par l'absence de variation de courant mesurée dans les quatre conditions de test (DC/pulsé $\times$ arrêt/rotation) et corroborée par mesure directe au moyen d'une sonde à effet Hall. Le test de contrôle en trois états a par ailleurs isolé la condition nécessaire et suffisante à la production d'une force mécanique : ni l'absence de courant magnétisant, ni le maintien de l'annulation, ne produisent seuls de rotation continue ; seule l'ouverture du circuit combinée à un positionnement angulaire adéquat des pôles produit une force exploitable. Le bilan énergétique du courant magnétisant a montré que son coût, en régime établi, se limite aux pertes Joule ordinaires ($P_{Joule} = R_{self} I^2$), sans terme supplémentaire imputable à l'annulation du champ des aimants elle-même. Une évaluation complémentaire, portant sur l'inductance mutuelle entre bobines stator et rotor, n'a révélé **aucune variation de tension, de courant ou de déphasage** sur l'ensemble des angles relatifs testés, courant de magnétisation actif. Enfin, **un couple net positif a été mesuré sous charge active (frein de Prony), et une corrélation proche du rapport 1 :1 a été observée, sur plusieurs points de mesure, entre l'énergie réactive de la self et l'énergie cinétique du rotor à la poussée.**

B. Comparaison avec la prédiction classique

Le point de comparaison déterminant de cet article est celui établi dans le Cas d'école : pour un moteur à aimant permanent classique soumis au même protocole en court-circuit, la relation $T_{résistant} = (K_e^2/R)\omega^2$ prédit un couple résistant, et donc une variation de vitesse ou de consommation, non nulle et croissante avec ω . Sur le système InfiniX, dans des conditions expérimentales comparables, cette variation

attendue n’a pas été mesurée, à la résolution des instruments utilisés (Section X). L’écart entre la prédiction classique et l’observation constitue le résultat central rapporté dans cet article.

C. En quoi ce résultat serait révolutionnaire s’il est confirmé

La relation de réciprocité $K_t = K_e$ n’est pas une caractéristique parmi d’autres des moteurs électromagnétiques : elle est une conséquence directe et générale du principe de conservation de l’énergie, valable pour toute machine électrique dont le couple et la force contre-électromotrice partagent le même mécanisme physique (variation du flux produit par le courant). Cette relation sous-tend, depuis plus d’un siècle, la conception de la totalité des moteurs et générateurs électriques industriels, sans exception documentée à ce jour dans la littérature académique.

Si les résultats rapportés dans cet article sont confirmés par réplification indépendante, leur portée dépasserait une simple amélioration incrémentale de rendement. Ils indiqueraient l’existence d’une catégorie de machine électromécanique — l’anti-moteur, telle que définie en Section IV — où le couple ne provient pas de la variation du flux associé au courant d’excitation, mais d’une interaction magnétique statique commutée par ce courant. Une telle catégorie ne serait pas soumise à la même contrainte de réciprocité que les moteurs classiques, ce qui remettrait en question un principe de conception considéré comme universel en électrotechnique depuis les travaux fondateurs du domaine.

D. En quoi ce résultat serait équivalent (interprétation alternative)

Une interprétation plus conservatrice, qu’il convient de mentionner par honnêteté scientifique, est que les résultats rapportés pourraient s’expliquer par un couplage résiduel présent mais inférieur au seuil de détection des instruments employés (Section X), plutôt que par une absence réelle de couplage. Sous cette interprétation, les résultats seraient équivalents, et non supérieurs, à ceux d’un moteur classique correctement optimisé, l’écart observé relevant alors des limites de résolution de l’instrumentation plutôt que d’un phénomène physique nouveau. Cette interprétation alternative ne peut être exclue par les seules mesures présentées dans cet article, et constitue précisément la raison pour laquelle une réplification par un laboratoire tiers, disposant potentiellement d’une instrumentation de résolution supérieure, est nécessaire avant toute conclusion définitive.

E. Position des auteurs

Les auteurs rapportent les résultats mesurés tels qu’obtenus, avec l’instrumentation et les méthodes de vérification croisée décrites en Section X, et laissent à la communauté scientifique, par réplification indépendante, le soin de confirmer laquelle de ces deux interprétations — rupture d’un principe établi, ou limite instrumentale — rend compte des observations rapportées.

XII. DISCUSSION

A. Réconciliation avec le principe de conservation de l’énergie

Il est essentiel de clarifier un point qui pourrait autrement être mal interprété à la lecture de cet article : les résultats rapportés ne constituent pas une violation du principe de conservation de l’énergie. La relation $K_t = K_e$, présentée dans le Cas d’école, est une conséquence de la conservation de l’énergie *sous une hypothèse structurelle précise* : que le couple et la force contre-électromotrice partagent le même mécanisme physique, à savoir la variation du flux produit par le courant d’excitation lui-même. C’est cette hypothèse structurelle, et non le principe de conservation de l’énergie en tant que tel, qui ne s’applique pas à l’architecture anti-moteur décrite dans cet article : le courant n’y produit pas le champ à l’origine du couple, il commute une interaction entre champs statiques préexistants (Section IV). Le système InfiniX n’échappe donc pas à la conservation de l’énergie ; il opère selon un mécanisme structurellement différent de celui pour lequel la relation $K_t = K_e$ a été établie, ce qui invite à revisiter les conditions d’application de cette relation plutôt qu’à remettre en cause le principe physique qui la sous-tend.

B. Origine du travail mécanique : synthèse

L’ensemble des quatre expériences converge vers une explication cohérente de l’origine du travail mécanique observé. Le courant magnétisant ne fournit pas d’énergie au mécanisme de production de force lui-même : il agit comme un commutateur, autorisant ou suspendant l’interaction entre les champs statiques des aimants néodyme (stator et rotor), dont l’énergie propre préexiste indépendamment de ce courant. Le coût électrique de ce commutateur se limite, comme établi en Expérience 4, aux pertes Joule ordinaires du bobinage. Cette synthèse reste cohérente avec la troisième hypothèse formulée en Section VII (découplage entre circuit électrique d’excitation et circuit magnétique d’interaction), sans que les auteurs ne prétendent ici trancher définitivement entre les trois hypothèses qui y sont présentées.

C. Objections anticipées et réponses

Plusieurs objections peuvent raisonnablement être anticipées de la part d’un lecteur averti, et méritent d’être adressées explicitement.

« Un couplage résiduel, sous le seuil de détection, pourrait expliquer ces résultats. » Cette objection porte directement sur le protocole de l’Expérience 4 : la sonde de courant y mesure précisément et directement ce canal (courant induit dans la self pendant la phase magnétisée), plutôt que d’en déduire l’absence indirectement à partir d’un autre phénomène.

Le résultat rapporté — absence de variation mesurable sur l’ensemble du cycle de rotation, dans les quatre conditions testées — constitue donc un test direct de cette hypothèse, et non une simple observation compatible avec elle. Comme pour toute mesure physique, quelle que soit sa précision, ce résultat borne un éventuel couplage résiduel à une valeur inférieure à la résolution ΔI_{min} de l’instrument

utilisé (Section X); il ne s'agit pas d'une réserve spécifique à ce protocole, mais d'une propriété inhérente à toute mesure expérimentale, qui n'affaiblit en rien la conclusion tant que ΔI_{min} reste très inférieur à l'ordre de grandeur attendu d'un couplage électromagnétique classique dans une architecture de cette géométrie.

« *Les principes physiques individuels invoqués (perméabilité de recul, superposition de champs, ouverture de circuit inductif) sont tous connus ; pourquoi ce résultat n'a-t-il jamais été rapporté ?* » Chacun de ces principes est effectivement documenté séparément dans la littérature. La contribution de cet article ne réside pas dans la découverte d'un principe physique nouveau, mais dans leur combinaison spécifique — noyau à aimant néodyme sur stator et rotor simultanément, bilan à quatre interactions, séquence de commutation synchronisée à la position angulaire — appliquée à une architecture moteur rotative, absence de précédent déjà relevée en Section II.

« *Le bilan magnétique nul (Expérience 4) suppose une symétrie géométrique parfaite ; qu'en est-il des imperfections réelles ?* » Cette objection est légitime et n'est pas traitée quantitativement dans cet article. Les résultats rapportés reflètent des prototypes physiques réels, nécessairement soumis à des tolérances de fabrication ; l'absence de variation de courant mesurée (Expérience 4) constitue une borne supérieure sur l'effet de ces imperfections, compte tenu de la résolution instrumentale déclarée (Section X), mais ne garantit pas une symétrie parfaite au sens strict.

D. Limites du périmètre de cet article

Comme indiqué dès le Résumé, un excédent a été observé lors du bilan énergétique global entrée/sortie du système InfiniX en fonctionnement. Cet article ne traite volontairement pas de ce bilan : il se limite à la caractérisation et à la méthode de suppression de la force contre-électromotrice. Un bilan énergétique rigoureux nécessiterait la prise en compte de l'ensemble des pertes du système (pertes Joule de commutation, pertes de commande, frottements mécaniques, rendement du circuit de commutation), qui n'est pas l'objet du présent travail et fera l'objet d'une publication séparée. Les lecteurs sont invités à ne pas extrapoler les résultats présentés ici à une conclusion sur le rendement énergétique global du système.

E. Questions théoriques laissées ouvertes

Les trois hypothèses formulées en Section VII (coût énergétique de l'annulation, réluctance variable, découplage circuit/interaction) demeurent, à l'issue des expériences présentées, des pistes d'interprétation plutôt que des conclusions établies. Les auteurs considèrent qu'une modélisation théorique complète de l'architecture anti-moteur, capable de prédire quantitativement le couple produit à partir des seuls paramètres géométriques et magnétiques du système, constitue un travail théorique restant à mener, pour lequel cet article fournit la base expérimentale.

XIII. REPRODUCTIBILITÉ ET LIMITES DE L'ÉTUDE

A. Reproductibilité

Les principes physiques et le mécanisme décrits dans cet article s'appuient sur plus de 22 ans de recherche expéri-

mentale indépendante, au cours desquels un grand nombre de configurations, de bobinages et de prototypes ont été construits et testés, dans le cadre plus large des travaux menés au sein de Faraday Labs et d'ATLAS. L'ensemble des tests rapportés dans cet article a été réalisé au sein d'un même laboratoire, par la même équipe, avec le même parc instrumental (Section X). Les résultats ont fait l'objet d'une vérification croisée par plusieurs personnes au sein de cette équipe, mais n'ont pas, à ce jour, été reproduits par un laboratoire ou une équipe totalement indépendante, disposant de son propre matériel et de sa propre implémentation du protocole.

1) *Pourquoi une répllication tierce n'a pas été recherchée plus tôt*: Jusqu'à la préparation de cet article, les auteurs n'ont pas sollicité de répllication en laboratoire tiers, par choix délibéré plutôt que par impossibilité. Cette décision reflétait la réticence, après plus de 22 ans de recherche et développement indépendants, à rendre publics des résultats et un protocole complet avant d'en être pleinement assuré. Un événement médical personnel survenu en 2025 a conduit à reconsidérer cette position : la nécessité de transmettre ce travail à la communauté scientifique, plutôt que de le garder non partagé, est devenue une priorité. C'est cette décision qui motive la publication du protocole complet dans cet article, en vue d'une répllication ouverte par des tiers.

C'est précisément cette absence de répllication externe qui motive la publication du protocole complet — architecture, séquence expérimentale, justification des mesures, liste des instruments — dans cet article, plutôt que la seule communication des résultats. Les auteurs considèrent qu'une répllication indépendante, par un tiers n'ayant pas participé à la conception du système, constitue le critère de validation déterminant pour les résultats rapportés, ainsi qu'indiqué dès l'Introduction.

B. Limites de l'étude

Plusieurs limites doivent être explicitement reconnues.

Absence de validation tierce indépendante. Comme indiqué ci-dessus, aucun laboratoire extérieur n'a, à ce jour, reproduit ce protocole avec son propre matériel. Cette limite est la plus significative de cet article et conditionne le niveau de confiance à accorder aux résultats rapportés tant qu'elle n'est pas levée.

Résolution instrumentale. Comme discuté en Section XII, l'ensemble des résultats rapportés (absence de variation de courant, d'inductance, ou de consommation) est borné par la résolution des instruments utilisés (Section X), et non par une preuve d'absence stricte au sens mathématique.

Tolérances de fabrication. Le bilan magnétique nul établi en Expérience 4 repose sur une hypothèse de symétrie géométrique entre les quatre pôles en présence. L'effet des tolérances de fabrication réelles sur ce bilan n'a pas été quantifié séparément dans cet article.

Bilan énergétique global hors périmètre. Comme précisé en Discussion, cet article ne traite pas du bilan énergétique entrée/sortie complet du système, ni du rendement global de l'architecture InfiniX en fonctionnement continu. Les résultats rapportés ici ne permettent donc pas, à eux seuls, de conclure sur la performance énergétique du système.

Modélisation théorique incomplète. Comme indiqué en Section VII et en Discussion (Section XII), les hypothèses

avancées pour expliquer le mécanisme observé n'ont pas été départagées par un modèle théorique quantitatif complet, capable de prédire le couple produit à partir des seuls paramètres du système.

Ces limites définissent le périmètre exact des conclusions que cet article permet de tirer, et circonscrivent les axes de travail nécessaires — réplique indépendante en priorité — avant toute conclusion élargie sur la portée du phénomène rapporté.

XIV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet article a présenté une architecture moteur, désignée anti-moteur InfiniX, dans laquelle la production de couple mécanique ne repose pas sur la variation du flux magnétique associé au courant d'excitation, mais sur la commutation — par annulation de champ par superposition et par ouverture de circuit — d'une interaction magnétique statique entre aimants permanents en néodyme disposés sur le stator et le rotor. Quatre expériences progressives ont établi, respectivement : l'invariance de la perméabilité de l'air comme référence (Expérience 1); l'invariance de l'inductance et la réversibilité de l'annulation de champ en présence d'un aimant néodyme (Expérience 2); la persistance de l'induction de Faraday à circuit fermé et son élimination par ouverture complète du circuit (Expérience 3); et un bilan magnétique nul sur l'ensemble stator/rotor, vérifié par l'absence de variation de courant pendant la rotation dans quatre conditions de test (Expérience 4).

Les résultats rapportés divergent de la prédiction du cas d'école classique ($K_t = K_e$), sans toutefois contredire le principe de conservation de l'énergie, dont l'application à ce système suit un mécanisme structurellement distinct de celui des moteurs électromagnétiques conventionnels. Deux interprétations restent ouvertes à ce stade — rupture effective de la relation de réciprocité pour cette classe d'architecture, ou couplage résiduel sous le seuil de détection instrumentale — et seule une réplique indépendante, en laboratoire tiers, permettra de trancher entre elles.

C'est dans cet objectif que le protocole complet, les justifications de mesure et la liste des instruments ont été détaillés dans cet article, en priorité sur toute conclusion définitive de la part des auteurs. Les perspectives immédiates de ce travail incluent : la réplique du protocole par des laboratoires et institutions de recherche indépendants; le développement d'un modèle théorique quantitatif permettant de départager les hypothèses formulées en Section VII; et, dans un second temps, la caractérisation rigoureuse du bilan énergétique global du système, hors périmètre du présent article.

RÉFÉRENCES

- [1] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, *Electric Machinery*. McGraw-Hill Education.

ANNEXE A TABLE DES SYMBOLES ET NOTATIONS

Symbole	Signification
L	Inductance de la self
I	Courant
N	Nombre de spires
A	Section du bobinage
l	Longueur du bobinage
μ_0	Perméabilité du vide
μ_r	Perméabilité relative
μ_{rec}	Perméabilité de recul (aimant permanent)
$B, \vec{B}$	Induction magnétique
B_r	Induction rémanente
H, H_c	Champ magnétique, champ coercitif
W	Énergie magnétique
K_t, K_e	Constante de couple, constante de force contre-électromotrice
T	Couple
ω	Vitesse angulaire
E, e	Force électromotrice, tension induite
Φ	Flux magnétique
λ	Flux lié (concaténation de flux)
R	Résistance
P	Puissance
ε	Erreur relative intégrée entre deux signaux
$N \equiv +1, S \equiv -1$	Convention de polarité magnétique

TABLE II

TABLE DES SYMBOLES UTILISÉS DANS CET ARTICLE.

ANNEXE B SYNTHÈSE DES QUATRE EXPÉRIENCES

ANNEXE C

CHECKLIST DE RÉPLICATION POUR LABORATOIRES TIERS

Cette checklist résume les éléments nécessaires à la réplique indépendante du protocole décrit dans cet article.

Matériel nécessaire :

- Aimants permanents en néodyme (grade N35 à N52)
- Noyaux de bobinage (air, ferrite, fer doux) pour l'Expérience 1
- Fil de bobinage pour la réalisation des selfs (stator et rotor)
- Source de courant pulsée et continue, avec contrôle de polarité
- Contact glissant (charbon) pour la continuité électrique stator-rotor
- Circuit de protection contre les surtensions inductives (diode de roue libre ou circuit d'écrêtage) pour l'ouverture de circuit (Expérience 3)

Instruments nécessaires :

- Pont RLC ou impédancemètre (mesure de L)
- Oscilloscope numérique
- Sonde de courant à effet Hall (DC–100 kHz minimum)
- Sonde de tension
- Tachymètre
- Moteur d'assistance pour l'entraînement du rotor à vitesse contrôlée (Cas d'école)

Séquence de réplique recommandée :

- 1) Reproduire le cas d'école (moteur classique en court-circuit) pour valider l'instrumentation et la méthode de mesure de référence.
- 2) Reproduire l'Expérience 1 (bobines air/ferrite/fer) pour confirmer le comportement de référence.

Exp.	Objectif	Prédiction testée	Résultat
1	Établir le comportement de référence (air / ferrite / fer)	L invariante sur bobine à air; L variable sur noyau ferromagnétique	Comportement conforme à la théorie classique (référence pédagogique)
2	Tester l'effet d'un aimant néodyme sur L , et l'annulation par superposition	$\mu_{rec} \approx \mu_{air} \Rightarrow \Delta L \approx 0$; annulation réversible sous H_c	ΔL non mesurable; annulation confirmée, réversible
3	Tester la persistance de l'induction de Faraday malgré l'annulation	$e = -N d\Phi_{ext}/dt \neq 0$ à circuit fermé; $e = 0$ possible mais $I = 0$ forcé à circuit ouvert	Tension induite présente à circuit fermé; aucun courant possible à circuit ouvert
4	Tester le bilan magnétique global stator/rotor	$\Sigma F = 0$ (2 répulsions, 2 attractions) $\Rightarrow$ $\vec{B}_{total} = 0 \Rightarrow e_{induit} = 0$ pendant la rotation	Aucune variation de courant mesurée, 4 conditions testées (DC/pulsé $\times$ arrêt/rotation)

TABLE III

SYNTHÈSE DES QUATRE EXPÉRIENCES : OBJECTIF, PRÉDICTION THÉORIQUE TESTÉE, ET RÉSULTAT OBTENU.

- 3) Reproduire l'Expérience 2 (invariance de L avec aimant néodyme, annulation par superposition) sur banc statique.
- 4) Reproduire l'Expérience 3 (persistance de l'induction à circuit fermé, disparition à circuit ouvert) sur banc statique.
- 5) Assembler l'architecture complète stator/rotor et reproduire l'Expérience 4 (bilan magnétique nul, test en rotation dans les quatre conditions).
- 6) Documenter tout écart par rapport aux résultats rapportés dans cet article, avec la résolution instrumentale utilisée, et communiquer ces résultats — positifs ou négatifs — à la communauté scientifique.

Anti-Motor Architecture with Field Cancellation by Superposition: Back-EMF Suppression and Torque/Magnetic Field Decoupling

Christophe Tétard

faradaylabsdirection@gmail.com / contact@projet-atlas.fr

CORRECTED VERSION V.6

This document is updated as feedback is received following its initial release. Further versions will follow. Please check the date and version number before citing.

Abstract—We present an experimental study of a pulsed motor system (InfiniX) integrating an electromagnet with a neodymium permanent-magnet core, whose static magnetic field is cancelled by the application of a variable field. This configuration allows the experimental dissociation of torque production from the classical magnetic coupling usually responsible for back electromotive force (back-EMF) in permanent-magnet motors.

Validation relies on a comparative short-circuit test: on a classical permanent-magnet motor, driving the rotor at constant speed with the coil short-circuited produces a slowdown and a measurable increase in the assist motor's power consumption, the signature of classical electromagnetic coupling (reciprocity $K_t = K_e$). On the InfiniX system, under the same conditions, neither slowdown nor mechanical power-consumption variation is observed.

Within the classical electromechanical framework, the reciprocity relation between the torque constant and the back-EMF constant implies that suppressing back-EMF must be accompanied by an absence of torque, on pain of violating the principle of conservation of energy. Furthermore, injecting a switched current into the coil of the InfiniX system produces rotor rotation with a notable shaft power, and the input/output energy balance shows a surplus.

The complete experimental protocol, the list of instruments, and the measurement methods are provided in this article with the explicit aim of enabling independent replication by any laboratory or research institution. The validity of the results presented here rests on this open replication rather than on the authority of the authors. These observations have been reproduced internally on a large number of prototypes and coil configurations.

Index Terms—back electromotive force, back-EMF, pulsed motor, neodymium permanent magnet, reluctance, motor torque, experimental replication

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their gratitude to Daniel, Sébastien, Pierrick, and Bruno for their unwavering support and their contribution throughout this research work.

Particular acknowledgment is also extended to detractors and skeptics, whose criticism and systematic questioning compelled the authors to strengthen the methodological rigor of

this work and to consolidate every experimental step. This publication would not have reached its current level of rigor without this constant contradictory pressure.

Authors' Statement

This work is the result of more than 22 years of independent research, carried out alone, without the support of established academic or industrial institutions, and it belongs to its author. It is published under open access, with the explicit intention of serving collective knowledge rather than any particular interest.

The author sincerely hopes that this discovery, if confirmed, will not become the object of mercantile appropriation disconnected from the general interest. This hope rests on a broader conviction: that benevolence remains a fundamental value of human beings, despite the misuses to which technology has, in the past, been subjected.

Should the principles described in this article, in other hands, contribute to uses harmful to humanity, the author wishes to state that this responsibility will not lie with the discovery itself, nor with the open scientific approach governing its publication, but with the human nature that would choose to make use of it for profit alone, to the detriment of the common good.

Note on Priority, Public Disclosure, and Retrospective Claims

The authors wish to state clearly, for the record, a principle that governs scientific and intellectual priority: priority is established by dated, verifiable disclosure — a publication, a patent filing, a timestamped document, a demonstrated and documented prototype — not by a retrospective claim made after the fact.

Following the publication of this work, it is reasonably foreseeable that individuals may claim, without supporting evidence, to have "already had the idea," to have "thought of this before," or to have arrived independently at a similar conclusion prior to this publication. Such claims, made without a dated, verifiable, and public prior disclosure equivalent in substance to what is presented here, do not constitute scientific or legal priority, regardless of how confidently or how publicly they are made after this article's release.

The authors do not contest the possibility that others may have entertained similar ideas privately, informally, or in an undocumented form. What is contested is the conflation of

private ideation with public, demonstrated, and dated priority. An idea that was never disclosed, tested, measured, or published carries no more weight, from the standpoint of scientific priority, than an idea never had at all.

A discovery of significant potential importance is, by its nature, better served by being brought to the attention of the scientific community than by remaining unshared indefinitely. It is precisely this choice of complete, public, and verifiable disclosure that the authors make with this publication. Such a disclosure — dated, public, and accompanied by the protocol enabling its verification — carries a value that a privately held idea never does, however old it may be: only public disclosure benefits the scientific community as a whole, rather than its sole holder.

This publication, together with its filing at the Institut National de la Propriété Industrielle (INPI) under registration number FR2609488 dated July 9, 2026, and its timestamped public deposit, constitutes the authors' claim to priority. Any subsequent claim to prior conception, unaccompanied by equivalent dated and verifiable documentation predating this disclosure, should be assessed accordingly by the reader.

I. INTRODUCTION

THE search for new, more efficient electric motor architectures remains a central focus of contemporary technological development, in a context where global energy demand continues to grow, notably due to transport electrification and the expansion of digital infrastructure (data centers, intensive computing). Permanent-magnet motors, widely used for their efficiency and compactness, are nonetheless intrinsically limited by a phenomenon well characterized in classical electromechanics: back electromotive force (back-EMF), generated by the variation of magnetic flux through the stator windings as the rotor turns. This back-EMF opposes the supply current and constitutes, within the established theoretical framework, the electrical counterpart necessary for the production of any mechanical work (reciprocity between the torque constant and the back-EMF constant, $K_t = K_e$).

This work originates from more than 22 years of independent experimentation in electromagnetism, Tesla coil winding, and permanent-magnet motor design, carried out within the Faraday Labs SAS laboratory and the ATLAS association (Association pour les Technologies Libres et les Applications Scientifiques alternatives), based in La Ferrière, Vendée, France. This long-term experimental approach led to the development of a pulsed-switching motor system, designated InfiniX, whose distinguishing feature lies in the integration of a neodymium permanent-magnet core within an electromagnet, allowing cancellation of the static magnetic field through the application of a variable field.

Observations made on this system, in particular the absence of slowdown and consumption variation during a short-circuit test — behavior that contrasts with that, well documented, of classical permanent-magnet motors under the same conditions — raise a direct question: is the suppression of the magnetic coupling responsible for back-EMF compatible with the maintenance, or even the emergence, of motor torque? This

question bears directly on the electromechanical reciprocity relation considered fundamental in the classical theory of permanent-magnet motors.

Rather than presenting these results as an established conclusion, this article aims to provide a complete method and experimental protocol, including the list of instruments and measurement procedures, allowing any laboratory, research institute, or independent researcher to reproduce this experiment autonomously. This open-replication approach is deemed necessary given the gap between the observed results and the existing theoretical framework, and constitutes the validation criterion adopted by the authors.

II. STATE OF THE ART

The principle of the electromagnet with a permanent-magnet core, allowing a static magnetic field to be modulated or cancelled by the application of a variable field, is not new in itself and already has established commercial applications. It is notably found in "power-to-release" type systems, used for the magnetic holding of metallic objects without continuous electrical consumption, with release upon current activation — an architecture commonly employed in electromagnetic locks, industrial retention systems, or triggering mechanisms.

These applications exploit the same basic physical property (reversible modulation of a permanent magnetic field by an applied electromagnetic field), but remain confined to a static, binary use: holding or releasing a load, without rotary motion, without any notion of continuous torque, and without connection to the back-EMF issue.

To the authors' knowledge, this principle of cancelling a permanent magnetic field with a variable field has never been applied or studied in the context of a rotary motor. The entirety of the literature identified on this type of architecture concerns static holding applications (locking, retention, triggering), and no reference was found addressing its application to back-EMF suppression in a rotary electromechanical conversion system.

One design point proves decisive for transposing this principle to a motor application: the back-EMF cancellation effect can only occur if this type of permanent-core electromagnet is implemented simultaneously **on the stator and on the rotor**. Implementation on only one of the two elements does not achieve the sought-after coupling suppression. This design point, central to the InfiniX architecture, will be detailed in the *Experimental Description* section.

This absence of precedent in a motor context, combined with this specific design requirement, constitutes the starting point and the central contribution of this article: transposing a known physical principle, but never exploited from this angle nor in this configuration, to a motor application.

III. TEXTBOOK CASE

The electromechanical behavior of a permanent-magnet motor under short-circuit conditions constitutes a fundamental textbook case in electrical engineering, documented in the reference academic literature [1].

The torque produced by a permanent-magnet motor is proportional to the armature current via the torque constant K_t :

$$T = K_t \cdot I \quad (1)$$

The back electromotive force generated by rotor rotation is proportional to the angular velocity via the constant K_e :

$$E = K_e \cdot \omega \quad (2)$$

These two constants are numerically equal in coherent SI units (N.m/A and V/(rad/s)): $K_t = K_e$. This equality is not a design coincidence, but a direct consequence of the principle of conservation of energy: the electrical power supplied to the system must equal the mechanical power produced, plus losses (notably resistive). If K_t and K_e were not equal, a motor could produce more (or less) mechanical work than the electrical energy consumed for a given operating regime, which would violate this principle.

When the rotor of such a motor is mechanically driven at constant angular velocity and the coil terminals are short-circuited, the induced back-EMF generates a current in the closed loop thus formed. By Lenz's law, this induced current in turn produces a torque opposing the imposed motion. This resistive torque translates experimentally into a measurable increase in the mechanical power that the driving motor must supply to maintain constant speed. This resistive torque is precisely the physical mechanism by which conservation of energy is ensured in a classical permanent-magnet motor: any additional mechanical energy needed to overcome this torque corresponds exactly to the electrical energy dissipated in the short circuit.

This textbook case serves as a reference and experimental control in the protocol presented in this article. It allows precise characterization of the expected, documented, and physically explained behavior of a classical permanent-magnet system, and its direct comparison, under the same experimental conditions, to the behavior observed on the InfiniX system – a comparison that constitutes the starting point of the following section.

IV. THE ANTI-MOTOR CONCEPT

At this stage of the article, it is necessary to establish a central terminological distinction, which we designate by the term **anti-motor**.

As established in the previous section, in a classical electromagnetic motor – whatever its type (permanent-magnet, variable-reluctance, asynchronous) – rotation is produced by the variation of the magnetic flux generated by the current flowing through the stator windings. It is this flux variation, associated with the excitation current, that produces the Laplace force at the origin of mechanical torque – and it is this same flux variation which, by reciprocity, generates back electromotive force (back-EMF) when the rotor turns. In this classical framework, motor torque and back-EMF are therefore two faces of one and the same physical mechanism: the variation of the field produced by the current.

The InfiniX system, as described in this article, relies on a fundamentally different principle, which we describe as an

anti-motor: rotation is at no point produced by the variation of the magnetic flux of the field generated by the current in the coils. The excitation current plays no direct motive role in this architecture: its sole function is to modulate, through field cancellation by superposition and circuit opening, the moment at which a static magnetic interaction between permanent magnets – the sole origin of the mechanical work – is allowed or suspended. The current thus acts as a switch for the magnetic interaction, not as its source.

This distinction is not a nuance of vocabulary: it directly determines why the reciprocity relation $K_t = K_e$, valid for any motor in which torque and back-EMF share the same electromagnetic flux-variation mechanism, does not necessarily apply in the same way to an architecture in which torque originates from a static magnetic interaction distinct from the switching mechanism. The term anti-motor will be used throughout this article to designate this architecture, in contrast to the operation of classical electromagnetic motors described in Section III.

V. EVOLUTION OF THE DISCOVERY

Initial work focused on the study of pulsed electromagnetic systems of the Bedini type, within the framework of a broader experimental effort in Tesla coil winding and permanent-magnet motor design. This work led to the development of practical expertise on the behavior of windings under pulsed excitation and on the interactions between a variable field and a permanent magnet. During repeated tests on pulsed-switching motor configurations, discrepancies in electrical consumption were observed between operating phases, discrepancies that were not fully explained by the classical electromechanical model applied to these setups.

This discovery does not stem from a top-down theoretical approach, but from relentless field experimentation, characterized by the repeated construction of setups deliberately departing from conventional architectures – some of which appeared, at first glance, devoid of clear theoretical justification. It is this willingness to test unconventional configurations, including those deemed a priori unpromising or incongruous with respect to established principles, that allowed a behavior unanticipated by the classical theoretical framework to emerge.

A determining part of this approach consisted in applying to motor electromagnets design principles usually reserved for Tesla coils, treated in this context as tuned antennas. In particular, the quality factor (Q factor) of the winding – a central quantity in the design of Tesla coils and resonant circuits, but absent from the standard design criteria used by electric motor manufacturers – was identified as a parameter facilitating the cancellation of the permanent magnet's electromagnetic field. This property is also of interest for the subsequent recovery of energy from the magnetic field, an aspect that nonetheless falls outside the scope of this publication and will be addressed separately. This transposition of a design parameter from one domain to another, where it is not conventionally taken into account, constitutes one of the distinctive elements of the approach that led to this discovery.

These observations led to the experimentation of a specific architecture: the integration of a neodymium permanent

magnet within the core of an electromagnet, with the aim of testing whether an applied variable field could locally cancel the static field of the magnet. Applying the previously described textbook short-circuit test to this new architecture revealed a marked divergence from the expected behavior of a classical permanent-magnet motor: absence of rotor slowdown and absence of assist-motor consumption variation, suggesting suppression of back electromotive force.

This observation was then tested on a large number of prototypes and different coil configurations, in order to verify its reproducibility and to rule out an explanation linked to a defect or a peculiarity of a single setup. Faced with the robustness of the observation across these configurations, the need for a rigorous measurement protocol reproducible by third parties became apparent, leading to the structuring of the InfiniX system and the protocol presented in this article.

VI. THE DISCOVERY

The InfiniX architecture is based on the integration of a neodymium permanent magnet at the heart of an electromagnet's core, placed simultaneously on the stator and on the rotor. The application of a variable magnetic field to this core allows cancellation, for the duration of the pulse, of the static magnetic field normally produced by the permanent magnet. This controlled cancellation constitutes the central mechanism on which all the observations reported in this article rest.

The precise mechanism observed is as follows: when the electromagnet's winding is energized, the static magnetic field of the neodymium magnet integrated into the core disappears. In a configuration where two electromagnets with neodymium cores face each other (stator/rotor), this simultaneous cancellation means that the two magnets no longer interact magnetically with one another for the duration of the energization: they can then move relative to one another without inducing any flux variation, and therefore without inducing any current variation in the energized winding. **It is this absence of current variation induced by the relative displacement of the two magnets, even while the supply current remains present in the circuit, that constitutes the experimental proof of the absence of back electromotive force.** This mechanism was measured instrumentally (oscilloscope, current probe, voltage probe).

When the winding's power supply is cut, the static magnetic field of the neodymium magnets reappears. The two magnets, positioned in opposing polarity, then repel each other, which establishes the rotor's mechanical motion. It follows from this mechanism that **the rotation of the InfiniX system is at no point produced by the magnetic field generated by the winding's supply current**: it is produced exclusively by the interaction between the static magnetic fields of the neodymium permanent magnets, the role of the supply current being limited to modulating, through periodic cancellation, the moment at which this interaction is active or suspended.

This finding is accompanied by a second behavior, observed independently of the short-circuit test described above: when a switched current is injected into the winding according to this same periodic-cancellation principle, **the rotor begins**

to rotate, developing shaft torque deemed notable by the authors. This point is significant insofar as the classical theoretical framework (relation $K_t = K_e$) predicts that a system exhibiting no magnetic coupling responsible for back-EMF should likewise not produce torque through that same coupling mechanism. The mechanism described above provides a coherent explanation for this apparent dissociation: torque does not originate from the classical current/rotor electromagnetic coupling, but from the static magnet-to-magnet magnetic interaction, made possible or suspended by the switching of the current.

The authors emphasize that this section is limited to describing the mechanism and behavior observed, as measured instrumentally, without putting forward a quantitative treatment of the energy associated with this mechanism, which is addressed in the following sections and in the Discussion.

VII. HYPOTHESIS AND THEORETICAL FRAMEWORK

The observations reported in this article present a gap with the classical electromechanical framework, whose reciprocity relation $K_t = K_e$ predicts that a system exhibiting no dynamic magnetic coupling responsible for back-EMF should likewise not produce torque through this mechanism. In this article, the authors have chosen to limit their contribution to the description, measurement, and reproducibility of the observed phenomenon, without imposing a definitive theoretical interpretation. The sole purpose of this section is to formulate the theoretical questions this phenomenon raises, for the scientific community, rather than to answer them.

A. Question of Magnetic Field Energy During Cancellation

Within the classical electromagnetic framework, the energy stored in a magnetic field is given by the integral of the energy density over the field's volume (proportional to the square of the induction B). Varying or cancelling a magnetic field implies, in general, a variation of this energy, which must be supplied or recovered by the circuit generating the variable field. However, in the case of a permanent magnet, the static field is not maintained by a continuous electrical energy input (unlike a classical electromagnet without a permanent core): it results from the alignment of the material's magnetic moments. An open question is therefore whether the apparent cancellation of the magnet's static field, by superposition of a variable field of the same amplitude and opposite polarity, constitutes an energetically costly operation in the classical sense (requiring work equivalent to the cancelled field energy), or whether it can be interpreted as a simple local vector superposition of the resultant field without net energy transfer with the coil, insofar as the permanent magnet neither releases nor absorbs energy to maintain its own field.

A clarification is warranted regarding the moment at which the interaction energy between the magnets becomes available. During the cancellation phase, the rotor's approach toward the stator encounters, by construction, no measurable opposing force (Experiment 4): this approach therefore represents no mechanical energy cost. It is only at the moment the field reappears, once the magnets are already close together, that

an interaction energy manifests itself, at a distance that itself required no work to reach. Under this hypothesis, this energy is therefore understood not as having been stored during the cancellation phase, but as appearing at the moment cancellation is lifted – a distinction that, like the hypotheses formulated in this section, remains to be confirmed by a dedicated energy balance, outside the scope of the present article.

B. Question of Variable Reluctance in the Magnetic Circuit

A complementary hypothesis, to be explored, concerns the role of the reluctance of the magnetic circuit formed by the core. In variable-reluctance machines, torque and energy transfers are governed by the variation of reluctance as a function of rotor position, independently of the presence of a permanent magnet. It remains to be determined whether integrating a permanent magnet within a core subjected to a variable field introduces an operating regime in which the apparent reluctance variation, as seen from the supply circuit, differs from the reluctance variation seen from the magnet-to-magnet magnetic circuit – which could explain why the supply circuit does not "see" the energy cost of the static magnetic interaction between the two magnets.

C. Question of Decoupling Between the Excitation Electrical Circuit and the Interaction Magnetic Circuit

Finally, a more general question concerns the possibility that the applied variable field plays the role of a magnetic switch rather than a direct energetic participant in the mechanical interaction. Under this hypothesis, the observed mechanical work would come entirely from the energy already contained in the permanent magnets (evidenced by their ability to repel one another once the field is restored), the role of the supply current being limited to allowing or forbidding this interaction without itself participating energetically. This hypothesis, if verified by a dedicated energy balance – outside the scope of this article – would reconcile the observation of mechanical torque with the apparent absence of electrical cost associated with maintaining the magnets' static field.

The authors do not settle between these hypotheses and consider that it is up to the scientific community, through replication of the protocol described in this article, to establish the theoretical framework accounting for these observations.

VIII. EXPERIMENTAL DESCRIPTION

This section presents a series of progressive experiments, intended to bring the reader, step by step, from well-established classical electromagnetic principles to the final experiment concerning the InfiniX system.

A. Experiment 1 — Reminder: Interaction Between a Coil and an External Moving Magnet

Before describing the InfiniX architecture, it is useful to recall a basic principle of electromagnetism, applicable to a classical coil (air-core, ferrite-core, or iron-core) placed near a permanent magnet, with no connection at this stage to the specific InfiniX architecture.

1) When Current Is Injected Into the Coil: Motor Effect: When a current is injected into the coil, it generates its own magnetic field, whose energy is expressed as:

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (3)$$

This magnetic field interacts with the field of the nearby permanent magnet: depending on polarity and relative position, the magnet is attracted to or repelled by the coil. This is the basic principle of any electromagnetic actuator (solenoid, relay, motor). The magnet is then set in motion under this force, while the magnet's own field – its static magnetic energy – remains established in the space around it, independently of the current injected into the coil.

2) When the Magnet Moves in Front of the Coil: Generator Effect: Independently of the previous action, any magnet moving near a coil in a closed (or short-circuited) circuit induces, by Faraday's law, an electromotive force in that coil. This phenomenon is strictly identical to that exploited in an alternator: the moving magnet behaves as a generator, imposing its own current tendency in the circuit.

3) Back Electromotive Force as a Confrontation Between Two Generators: In a coil powered by a current source, facing a moving magnet, two phenomena coexist simultaneously in the same circuit:

- the current source powering the coil, imposing a current according to its own voltage;
- the moving magnet, acting as an induced generator, imposing its own current tendency according to its speed of displacement and the field's intensity.

These two sources of electromotive force, present simultaneously on the same circuit, oppose or combine according to their relative polarity. The current actually observed in the circuit results from the superposition of these two contributions, weighted by the circuit's impedance. It is this confrontation between two generators sharing the same circuit that physically constitutes back electromotive force in a classical motor or electromagnetic actuator: the "moving magnet" generator opposes the "supply source" generator that initiated the motion.

4) Role of the Core (Air / Ferrite / Iron): The nature of the coil's core (air, ferrite, iron) does not change this principle of confrontation between two generators, but it profoundly modifies its amplitude and behavior, and does so asymmetrically depending on the material.

In an air-core coil, magnetic permeability ($\mu_r \approx 1$) does not vary in the presence of the magnet: since air is not a magnetic material, its permeability remains rigorously constant, whether the magnet is present, absent, near, or far. The magnet only modifies the flux passing through the coil (hence the induced voltage when it moves), never the properties of the medium itself. The inductance L of the air-core coil therefore remains invariant, regardless of the magnet's position.

On a ferromagnetic core (ferrite or iron), the opposite is true: the material's effective permeability is not a constant, but depends on the level of magnetic field already present in the core, according to the material's characteristic B-H curve. The proximity of a permanent magnet introduces a bias field

that superimposes on the core's intrinsic properties, shifting its operating point on this curve. Depending on the position of this point (linear region or saturation region), the effective permeability – and therefore the coil's inductance L itself – varies with the magnet's position. This behavior has no equivalent on an air-core coil.

5) *Energy Consequence of the Invariance or Variation of L* : This difference has a direct consequence on the magnetic energy stored in the coil, as given by $W = \frac{1}{2}LI^2$.

Air-core case: since L does not depend on the magnet's position, the magnetic energy W stored in the coil, at constant current I , likewise does not vary as the magnet moves. Any force exerted on the magnet, in this case, arises solely from the direct interaction between the magnet's own field and the field produced by the coil's current (dipole-field interaction), and not from a variation of the term $\frac{1}{2}LI^2$ itself, since this term remains constant regardless of the magnet's position.

Ferrite or iron core case: since L varies with the magnet's position, the magnetic energy $W = \frac{1}{2}LI^2$, at constant current I , likewise varies with this position. This energy variation at constant current corresponds to an additional force term, distinct from the simple dipole-field interaction described above: this is the principle underlying so-called variable-reluctance machines, in which a force or torque is produced solely by the variation of the magnetic circuit's reluctance, independently of any direct interaction with a permanent magnet.

6) *Why This Distinction Matters Going Forward*: On an air-core coil, the energy balance associated with the magnet's displacement therefore comprises only a single term (the direct field interaction). On a ferromagnetic core, this balance comprises two distinct terms: the direct field interaction, and the energy variation linked to the variation of L with the magnet's position (reluctance effect). This second contribution, absent on the air-core coil, will be revisited in the next experiment, where the specific behavior of the neodymium permanent-magnet core will be examined within this same energy framework.

(Values and principles given here for pedagogical purposes, illustrating standard electromagnetic theory, and not derived from a specific laboratory measurement.)

B. Experiment 2 — Invariance of Inductance in the Presence of a Neodymium Magnet, and Field Cancellation by Superposition

1) *Protocol and Reference Measurement*: An air-core coil is built and its inductance is measured: $L_0 = 120$ mH. A pulsed current is injected into this coil, producing a current/voltage characteristic typical of an inductive load, whose associated magnetic energy is given by:

$$W = \frac{1}{2}L_0I^2 \quad (4)$$

2) *Insertion of a Neodymium Magnet Into the Core*: A neodymium permanent magnet is then placed at the center of this same coil, with no other change to the setup. The inductance is measured again: its value remains rigorously identical to $L_0 = 120$ mH. Injecting a current of the same amplitude and the same duty cycle produces a current/voltage

signal strictly superimposable on the reference signal, with no measurable deviation.

3) *Physical Justification of This Invariance*: This result is explained by a known property of high-coercivity permanent magnets such as neodymium (NdFeB): within their normal operating range, these materials operate on the linear portion of their demagnetization curve (second quadrant of the B-H cycle), called the recoil line, described by:

$$B = \mu_0\mu_{rec}H + B_r \quad (5)$$

where B_r is the material's remanent induction and μ_{rec} its recoil permeability. For NdFeB magnets, μ_{rec} is typically on the order of 1.05 to 1.2 – that is, very close to the permeability of air ($\mu_r = 1$), and far from the permeability of a soft ferromagnetic core (ferrite or iron), whose non-linear value can reach several hundred to several thousand.

This property has a direct consequence on the coil's inductance, whose general expression is:

$$L = \frac{\mu_0\mu_{r,eff}N^2A}{l} \quad (6)$$

Since $\mu_{rec} \approx \mu_r(\text{air}) \approx 1$, inserting a neodymium magnet into the core of an air-core coil amounts, from the standpoint of the inductance seen by the winding, to inserting a material whose incremental permeability is nearly identical to that of the air it replaces. In other words, under the physical laws in force, a permanent magnet operating on its recoil line behaves, for the winding, like a second air core – which explains why its insertion does not change L , unlike a ferrite or iron core (Experiment 1).

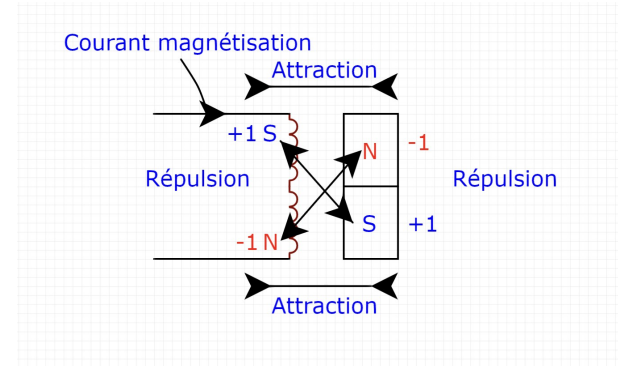


Fig. 1. Schematic diagram of the crossed interaction between the coil's poles (cancellation by superposition) and the permanent magnet's poles. Same-sign interactions (S-S, N-N), diagonal, are repulsive; opposite-sign interactions (S-N, N-S), at equal height, are attractive.

4) *Magnetic Field Cancellation by Superposition*: By choosing the polarity of the current injected into the coil so that the field it produces opposes that of the magnet, and by adjusting its intensity, it is possible to cancel the resultant magnetic field at the magnet. Figure 1 illustrates this principle: depending on its winding direction and the direction of the injected current, the coil presents at its two ends poles (+1 S at top, -1 N at bottom) opposite to those of the facing permanent magnet (N = -1 at top, S = +1 at bottom). Interactions at the same height (coil-top/magnet-top,

coil-bottom/magnet-bottom) are attractive (opposite poles), while diagonally crossed interactions (coil-top/magnet-bottom, coil-bottom/magnet-top) are repulsive (same-sign poles). This result is expressed as a simple vector superposition of the fields:

$$\vec{B}_{net} = \vec{B}_{magnet} + \vec{B}_{coil}(I) \quad (7)$$

The condition for cancellation of the resultant field at the point considered is written:

$$\vec{B}_{coil}(I) = -\vec{B}_{magnet} \quad (8)$$

It is essential to clarify the exact nature of this phenomenon: it is a cancellation of the resultant field measurable outside the system, by superposition, and not a suppression of the material's intrinsic magnetization (M). This distinction is physically significant and is governed by the material's coercivity (H_c), which defines the reverse magnetic field required to irreversibly demagnetize (even partially) a permanent magnet. As long as the field produced by the coil remains, in intensity, below the magnet's coercive field ($H_{coil} < H_c$), **the operation is reversible**: the material's intrinsic magnetization is not affected, and the magnet's own field reappears fully, unchanged, as soon as the current is switched off. The neodymium magnets used (typically grades N35 to N52) have high coercive fields (H_{ci} on the order of 800 to more than 2000 kA/m depending on grade), providing a wide operating margin to remain within this reversible regime.

a) *Robustness under repeated cycling.*: A question distinct from immediate reversibility concerns the effect of a large number of repeated cancellation cycles on the long-term stability of magnetization. For an N52 grade, the intrinsic coercive field (H_{ci}) lies around 950 to 1500 kA/m depending on supplier, whereas the field required for the magnet's initial industrial magnetization is 2 to 2.5 times this H_{ci} , i.e. approximately 2000 to 3000 kA/m, applied via capacitor discharge at very high current over a few milliseconds. **The field applied at each operating cycle, remaining below the H_{ci} threshold by construction, is therefore at least a factor of 2 to 3 below the field that shaped the magnet at manufacture** – structurally insufficient to reorganize the material's magnetic domains as industrial magnetization does. A very slow magnetic fatigue effect, cumulative over a very large number of cycles even below this threshold, cannot however be excluded by this reasoning alone; only a measurement of the magnet's remanent field before and after a large number of cycles would confirm or rule this out. This test has been added to the list of planned verifications (Appendix C).

5) *What This Experiment Shows*: Two distinct and complementary results emerge from this experiment:

- 1) Inserting a neodymium magnet into the core of an air-core coil does not change its inductance, because the magnet's recoil permeability, within its normal operating range, is physically equivalent to that of air – a saturated permanent magnet behaves, from the standpoint of inductance, like an air core.
- 2) It is possible to cancel, by field superposition and without irreversible demagnetization, the resultant magnetic

field at the magnet, provided the material's coercive-field threshold is not exceeded. Physically, the magnet remains unchanged in its structure and internal magnetization; it is the observable resultant field that becomes zero.

These two results lay the necessary groundwork for the description of the InfiniX architecture in the next experiment, where this same cancellation-by-superposition principle is applied simultaneously to two electromagnets with neodymium cores, placed facing each other on the stator and rotor.

(Inductance value $L_0 = 120$ mH given as an illustrative example consistent with theory; grades and coercivity ranges taken from standard NdFeB manufacturer data, not specific to a particular laboratory measurement.)

C. Experiment 3 — Persistence of Faraday Induction Despite Own-Field Cancellation, and the Role of Fully Opening the Circuit

1) *Protocol*: An electromagnet with a neodymium core (as described in Experiment 2) is continuously powered by an active current source, such that its own static magnetic field remains cancelled by superposition throughout the approach phase. An external permanent magnet, attached to the rotor, is brought toward this electromagnet through three reference positions: A (distant), B (directly facing), and C (position reached after the field reappears).

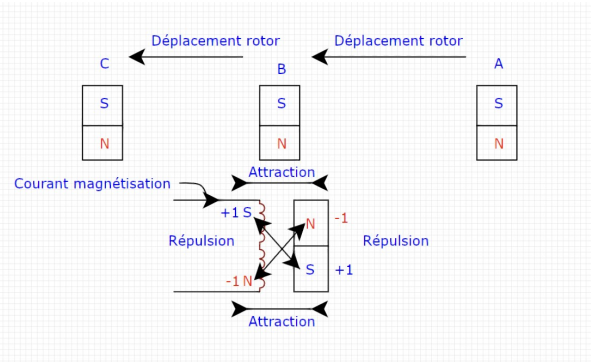


Fig. 2. Sequence of rotor displacement (positions A, B, C) facing the electromagnet with a neodymium core whose own field is cancelled by superposition. The diagram uses the same polarity and crossed-interaction convention as Figure 1.

2) *Phase A→B: Own-Field Cancellation Does Not Exempt the Coil From Faraday's Law*: An intuitive hypothesis might be formulated as follows: since the core magnet's own field is cancelled, and the approaching external magnet itself experiences no magnetic reaction force, one might assume that no back electromotive force is induced in the coil during this phase. This hypothesis is incorrect, and it is important to demonstrate this explicitly.

The total flux linked to the coil is written as the sum of the self flux (produced by the current I it carries) and the external flux (produced by the approaching rotor magnet):

$$\lambda = N\Phi_{total} = N(\Phi_{self} + \Phi_{ext}) \quad (9)$$

The total induced voltage, by Faraday's law, is:

$$e = -\frac{d\lambda}{dt} = -N\frac{d\Phi_{self}}{dt} - N\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \quad (10)$$

As established in Experiment 2, since the neodymium magnet's recoil permeability is nearly identical to that of air, the coil's inductance L does not vary with the external magnet's position. If the current I is held constant by the active source, $\Phi_{self} = LI$ likewise remains constant, and its derivative term vanishes:

$$\frac{d\Phi_{self}}{dt} = 0 \quad (11)$$

On the other hand, the flux produced by the approaching external magnet, Φ_{ext} , necessarily varies with that magnet's position, independently of the cancellation state of the core's own field:

$$\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \neq 0 \quad \text{as long as the external magnet is moving} \quad (12)$$

It follows that $e = -N\frac{d\Phi_{ext}}{dt} \neq 0$: an induced voltage does indeed exist in the coil during the approach, attributable solely to the external magnet's motion. To keep the current I constant against this induced voltage, the active current source must supply or absorb an additional energy contribution, of exactly the same nature as a back electromotive force. Cancellation of the core's own field, obtained by superposition (Experiment 2), therefore does not suppress this phenomenon: it concerns only the interaction between the core magnet's own field and the field produced by its own current, not the response of the coil, as a wound conductor, to any external flux variation.

3) *Phase at B: Fully Opening the Circuit:* When the external magnet reaches position B, the coil's supply circuit is opened entirely (infinite impedance, no current possible). This abrupt interruption of a current flowing in an inductor is itself a notable transient phenomenon: the voltage across the coil tends, in theory, toward:

$$V = -L\frac{dI}{dt} \quad (13)$$

which diverges if the interruption is instantaneous. In practice, this phenomenon (well documented under the name of inductive switch-off voltage, or *flyback*) requires a protection circuit (freewheel diode, snubber circuit) to prevent an electric arc across the switch terminals.

Once the current has dropped to zero, the core magnet's own static magnetic field, no longer cancelled by superposition, is restored to its natural value. The core magnet and the external rotor magnet, now both magnetically active, enter into direct interaction (attraction or repulsion depending on their relative orientation), producing the mechanical force that moves the rotor from B to C.

4) *Phase B→C: Disappearance of the Generator Effect Through Circuit Opening:* The decisive point of this experiment is the difference in behavior between the two phases. During phase A→B, the coil constituted a closed circuit (actively powered), and any external flux variation induced a voltage in it, in accordance with Faraday's law, with a non-zero current I actually present in the winding. During phase

B→C, by contrast, the circuit is open (infinite impedance). Ohm's law then imposes:

$$I = \frac{e}{R_{circuit}} \xrightarrow{R_{circuit} \rightarrow \infty} I = 0 \quad (14)$$

regardless of the voltage e induced by the external magnet's motion as it moves away from B toward C. An induced voltage may still appear, in theory, across the coil's open terminals, but no current can flow in a broken circuit. Now, it is the flow of an induced current, and its interaction with the magnetic field, that produces a mechanical reaction force (generator effect). In the absence of any possible current, this reaction force is structurally absent during phase B→C, and only the direct magnet-to-magnet magnetic interaction responsible for the rotor's displacement remains.

5) *What This Experiment Shows:* This experiment establishes an essential distinction, necessary for understanding the complete InfiniX architecture: cancellation of a core's own field by superposition (Experiment 2) is not, by itself, sufficient to suppress every electromagnetic reaction linked to the motion of an external magnet, as long as the coil's circuit remains closed. It is the complete opening of the circuit – and not field cancellation alone – that removes the possibility of an induced current, and therefore of the associated reaction force. This distinction between field cancellation (superposition, closed circuit) and suppression of induced current (open circuit) directly governs the design of the complete InfiniX system architecture, in which both stator and rotor must follow a precise cancellation-and-opening sequence, examined in the next experiment.

D. Experiment 4 — Zero Magnetic Balance Across the Full Stator/Rotor Assembly, and Rotation Test Without Induction

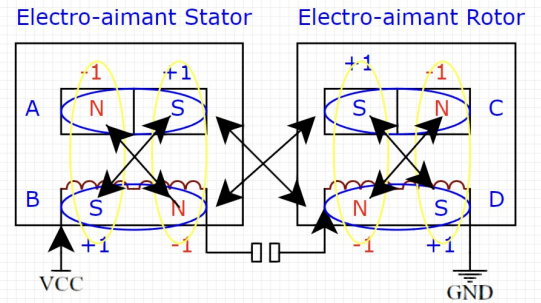


Fig. 3. Complete architecture of the InfiniX system: stator electromagnet (magnets A, B) and rotor electromagnet (magnets C, D), each composed of a coil and a neodymium magnet. The two coils are electrically connected in continuity by a sliding contact (brush). The magnetizing current, injected simultaneously into both coils, cancels by superposition the own field of each of the four poles.

1) *Protocol and Architecture:* Figure 3 presents the complete architecture of the InfiniX system: a stator electromagnet and a rotor electromagnet, each composed of a coil and a

neodymium permanent magnet, placed facing each other. The two neodymium magnets (stator and rotor) are oriented in a mutually repulsive configuration. The two coils (stator and rotor) are electrically connected in continuity by a sliding contact (brush), ensuring that one and the same magnetizing current I flows simultaneously in both windings, with the polarity chosen to cancel, by superposition (see Experiment 2), the own field of each of the two magnets.

2) *Formalization of the Magnetic Balance:* Using the previously established polarity convention ($N \equiv +1$, $S \equiv -1$), the interaction between two magnetic poles p_i and p_j can be expressed, for a symmetric geometry in which the two poles considered are equidistant r from the observation frame, by an interaction index:

$$F(p_i, p_j) = k \cdot \frac{p_i \cdot p_j}{r^2} \quad (15)$$

where $k > 0$ is a constant related to the intensity of the fields present, and where $F > 0$ corresponds to repulsion, $F < 0$ to attraction.

On the stator electromagnet, two magnets (designated A and B in Figure 3) are present, each having an N pole and an S pole. The complete magnetic balance between these two magnets comprises four pole-to-pole interactions: north against north, south against south (repulsions), and the two north-south combinations (attractions):

$$\Sigma F_{stator} = F(N_A, N_B) + F(S_A, S_B) + F(N_A, S_B) + F(S_A, N_B) \quad (16)$$

$$= \frac{k}{r^2} \left[(+1)(+1) + (-1)(-1) + (+1)(-1) + (-1)(+1) \right] \quad (17)$$

$$= \frac{k}{r^2} (1 + 1 - 1 - 1) = 0 \quad (18)$$

The same reasoning, applied to the rotor electromagnet (magnets C and D), leads strictly to the same result:

$$\Sigma F_{rotor} = 0 \quad (19)$$

This calculation relies on a simplifying assumption of equidistant poles with respect to a common observation frame, which constitutes an idealization of the assembly's real geometry rather than a rigorous demonstration valid at every point in space. This theoretical limitation is addressed by the direct measurement described below.

3) *Direct Verification (Hall-Effect Probe):* To move beyond the limits of the geometric approximation used in the preceding calculation, a Hall-effect probe (gaussmeter) is placed directly at each of the four magnets, to measure the resultant local magnetic field during the magnetization phase. No residual local field is detected, at the resolution of the instrument used, at any of the four poles. This direct empirical measurement confirms, independently of the simplifying geometric assumption of the balance calculation, the cancellation of the resultant field at the location of each magnet.

This cancellation is not confined to the single point occupied by the magnet. Since the coil's core and the permanent magnet it contains are co-located, with opposing magnetic dipole

moments, the resultant field cancels, within the dipole approximation, at every point of the surrounding space, not only at the core's center – a general property of the field produced by two co-located dipoles of opposite moment. **This spatial extent of the cancellation was verified directly by Hall-effect probe, moving the instrument to several distances and positions around the coil, including in the immediate vicinity of the winding, without detecting a significant residual field beyond the instrument's resolution.** One measurement detail deserves explicit emphasis: these readings specifically cover the region of space occupied by the opposing coil (rotor for the stator, and vice versa) – not merely the general space surrounding the measured coil – which allows, as detailed later in this same section, the decisive physical criterion for mutual inductance to be applied directly. This result bounds the extent of any potential mutual-inductance coupling between the stator and rotor coils (see later in this same section): **the coil's own field, measured as zero up to the immediate vicinity of its own winding and specifically within the region occupied by the opposing coil, is not available to induce a significant coupling.**

4) *Consequence for the Complete System:* The theoretical balance of each electromagnet (stator, rotor) being zero, and this cancellation being corroborated by direct measurement at each pole, the resultant magnetic field at the four magnets cancels out:

$$\vec{B}_{total}(\vec{r}_i) \approx 0 \quad \text{at each pole } i \quad (20)$$

Under these conditions, the magnetizing current I injected simultaneously into both coils, via their electrical continuity connection, does not serve to produce rotor displacement. Its function is to mutually cancel, throughout the space concerned, the magnetic fields of the four poles present.

5) *Validation Test: Absence of Current Variation During Rotation:* To verify that this cancellation persists not only at rest but also during the relative motion of the rotor with respect to the stator, the following protocol is applied: the magnetizing current is injected into the coils while the rotor is driven in rotation, and the current flowing in the series (stator-rotor) circuit is continuously monitored with a current probe.

If the zero magnetic balance described above is correct, then, by Faraday's law, no net flux variation should be detected during rotation, since $\vec{B}_{total} = 0$ at all times and for every relative rotor position:

$$e_{induced} = -\frac{d\Phi_{total}}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\oint \vec{B}_{total} \cdot d\vec{A} \right) = 0 \quad \text{if } \vec{B}_{total} = 0 \quad \forall t \quad (21)$$

The observed result confirms this prediction: no variation of the coil current is measured during rotation, regardless of the rotor's angular position. This result demonstrates that the magnetic field cancellation, obtained through the four-interaction balance described above, is not limited to a particular static configuration, but is maintained throughout the space swept by rotation.

6) *Release of the Current at Top Dead Center:* When the stator reaches the top-dead-center position (by analogy with the cycle of an internal combustion engine, here designating the optimal alignment between stator and rotor for torque production), the current injected into the coils is interrupted, following the circuit-opening mechanism described in Experiment 3. This interruption removes the superposition-cancellation condition: the natural magnetic field of the neodymium magnets, stator and rotor, instantly reappears, and the direct interaction between the four poles, now uncompensated, produces the mechanical force behind the rotor's advance.

7) *What This Experiment Shows:* This experiment establishes that the complete InfiniX system architecture – two electromagnets with neodymium cores, facing each other, whose coils are connected in electrical continuity – achieves a magnetic-field cancellation whose balance, zero by construction (two repulsions, two attractions, of equal magnitude), holds not only at rest but throughout rotation, as confirmed by the measured absence of current variation. This global cancellation, distinct from and complementary to the circuit-opening mechanism described in Experiment 3, constitutes the complete operating principle of the InfiniX anti-motor.

8) *Three-State Control Test:* To precisely isolate the necessary and sufficient condition for the production of a mechanical force, a three-state control test is performed:

- 1) **Absence of magnetizing current:** the system is left unexcited. With no switching sequence applied, no continuous rotation is observed – only a one-off static interaction between the poles present may occur, insufficient by itself to sustain rotational motion.
- 2) **Coils magnetized (field cancelled by superposition):** with the magnetizing current applied according to the protocol of Experiments 2 and 4, the magnetic balance of the assembly is zero (previous section). No rotation is observed in this state: the poles present no longer interact, and nothing opposes or favors their relative displacement.
- 3) **Circuit opened, magnets correctly positioned:** when the circuit is opened according to the mechanism described in Experiment 3, while the rotor is at an angular position where the stator/rotor poles are in a repulsive configuration (Figure 3), the natural magnetic field of the four magnets instantly reappears. The now-uncompensated direct interaction produces a measurable mechanical force, driving the rotor's angular displacement.

Only the third condition – circuit opening combined with adequate angular positioning of the magnets – produces an exploitable mechanical force. The first two conditions, taken in isolation, produce no continuous rotation, which confirms that it is indeed the switching sequence (magnetization followed by opening, synchronized with angular position) that is responsible for the system's operation, and not either state taken separately.

9) *Question of Mutual Inductance Between Stator and Rotor Coils:* An objection received proposes that, independently of the cancellation state of the magnets' field, the mutual

inductance $M(\theta)$ between the stator coil and the rotor coil could vary with their relative angle θ , and that this variation, with the current held constant by the source, would imply work done by the source during the approach phase – independently of the superposition-cancellation mechanism described in Experiment 2.

For two coupled coils carrying a common current I (series arrangement as described in Experiment 4), the total magnetic energy of the system is written as:

$$W = \frac{1}{2} L_{\text{stator}} I^2 + \frac{1}{2} L_{\text{rotor}} I^2 + M(\theta) I^2 \quad (22)$$

where the third term represents the contribution of the mutual inductance between the two coils. The torque associated with this term, at constant current, is expressed as:

$$\tau_M = I^2 \frac{dM}{d\theta} \quad (23)$$

It is precisely this term, non-zero if $M(\theta)$ varies with angle, that the objection identifies as a potential source of work done by the source during the approach.

This energy term can only manifest during the phase in which a current actually flows in both coils, its dependence on I^2 implying its cancellation as soon as $I = 0$. A direct measurement of $M(\theta)$ by RLC bridge or impedance analyzer is not feasible under the system's operating conditions: these instruments impose their own test signal and cannot provide a reliable reading in the presence of an already-established external magnetizing current in the coils. This instrumental limitation is explicitly acknowledged rather than circumvented.

In the absence of this direct measurement, an indirect evaluation was conducted, drawing on the same voltage-current relationship detailed in Section IX: if $M(\theta)$ varies significantly with angle, the associated electromotive force,

$$e_M = I \frac{dM}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = I \frac{dM}{d\theta} \omega \quad (24)$$

must be compensated by a variation in the voltage supplied by the source to maintain constant current, exactly as for any induced electromotive force. Current, voltage, and phase of the circuit were continuously monitored while the two electromagnets, simultaneously energized to maintain superposition cancellation, were displaced relative to one another across the full range of accessible relative angles. No variation in current, voltage, or phase was measured across this entire range, which bounds the variation of $M(\theta)$ to a value consistent with the absence of a measurable effect, without providing a direct quantitative characterization.

After the circuit is opened, the current becomes zero ($I = 0$); the energy term associated with mutual inductance, proportional to I^2 , then necessarily vanishes, regardless of the value of $M(\theta)$ at that instant. The mechanism proposed by the objection therefore cannot express itself during this second phase, in which only the direct magnetic interaction between the permanent magnets, now uncompensated, is responsible for the rotor's motion.

A direct measurement of $M(\theta)$, performed without active power supply – for example using a low-level test signal, without the magnetizing current – would lift this instrumental

limitation and allow precise quantification of this quantity across the full cycle. This test has been added to the list of planned verifications.

A complementary point, more rigorous than the initially proposed geometric argument, allows this question to be settled unambiguously. The decisive physical criterion for the existence of a mutual inductance is not the cancellation of the resultant field at a given point, but the cancellation of the **flux** of the field produced by one coil through the surface delimited by the turns of the other coil:

$$\Phi_{21} = \int_{S_{rotor}} \vec{B}_{stator} \cdot d\vec{S}, \quad M_{21} = \frac{N_{rotor} \Phi_{21}}{I_{stator}} \quad (25)$$

A substantial internal field within a coil (the one defining its own self-inductance L) does not, by itself, constitute a coupling with the opposing coil: only the field produced by one coil and present specifically in the region of space occupied by the other coil is relevant. If this external field is measured as zero there, then $\Phi_{21} \approx 0$ and, as a direct consequence, $M \approx 0$:

$$\vec{B}_{stator} \approx 0 \text{ in the rotor's region} \Rightarrow \Phi_{21} \approx 0 \Rightarrow M \approx 0 \quad (26)$$

This is precisely what was established by the measurement described above (verification by Hall-effect probe, Experiment 4): the readings specifically cover the region occupied by the opposing coil, not a general vicinity of the coil being measured. **With the field cancellation verified in this precise region, the flux Φ_{21} that defines mutual inductance is zero, and the interaction energy term $M \cdot I_{stator} I_{rotor}$ has no physical channel through which to exist** – independently of any residual variation that might otherwise be measured on the system's total inductance, which could not then be attributed to classical magnetic mutual coupling, and would need to be sought in other phenomena (capacitive coupling, parasitic capacitances, measurement-method artifacts).

10) Energy Cost of the Magnetizing Current: One point regarding the energy balance deserves to be formalized here. As established in Experiment 2, since the neodymium magnet's recoil permeability is nearly identical to that of air ($\mu_{rec} \approx 1$), the inductance L of each coil does not depend on the presence or position of the magnet it cancels. It follows that the energy associated with the coil's magnetic field, $W_L = \frac{1}{2} L I^2$, is a fixed quantity for a given current I , independent of the cancellation state of the magnet's field – that is, no additional energy term is required, in steady state, to maintain this cancellation against the magnet's own field.

Once steady state is reached ($dI/dt = 0$), the only electrical power consumed by the coil corresponds to resistive losses in the winding:

$$P_{Joule} = R_{coil} \cdot I^2 \quad (27)$$

where R_{coil} is the winding's series resistance. The energy dissipated over a magnetization duration T_D is therefore:

$$W_{Joule} = R_{coil} \cdot I^2 \cdot T_D \quad (28)$$

This relation indicates that the energy cost of maintaining the cancellation of the neodymium magnets' magnetic field is limited, within the framework of the recoil-permeability

hypothesis (Section VII), to the coil's ordinary Joule losses, with no additional term related to work done against the magnet's own field. The energy $\frac{1}{2} L I^2$ required for the initial establishment of the current in the coil, for its part, remains a classical field energy, recoverable at the moment the circuit is opened (Experiment 3), and not dissipated energy.

As a numerical illustration, over a measured cycle in which 200 J of energy is injected into the circuit: **160 J are dissipated as Joule losses in the wire resistance, and 40 J are associated with the coil's magnetic field at the moment of cancellation.** This second quantity is not lost: it is recovered upon circuit opening by means of a freewheel-diode protection circuit, following a standard power-electronics technique. The electrical balance is coherent ($160 + 40 = 200$ J), with no missing or surplus term at this stage of the reasoning – this electrical balance nonetheless remains distinct from the broader question of the system's overall mechanical energy balance, which remains outside the scope of the present article (Section XII).

IX. MEASUREMENTS AND MEASUREMENT JUSTIFICATION

This section summarizes the quantities measured during the experiments described above, and justifies, with supporting formulas, why each was chosen to validate or invalidate the hypotheses formulated at each stage.

A. Inductance (L)

Measuring inductance, using an RLC bridge or an impedance analyzer, constitutes the reference measurement of Experiments 1 and 2, since L is directly related to the core's effective permeability:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_{r,eff} N^2 A}{l} \quad (29)$$

Any variation in effective permeability, whatever its cause (magnet displacement, saturation), translates into a proportional variation of L , at constant winding geometry (N , A , l fixed):

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta \mu_{r,eff}}{\mu_{r,eff}} \quad (30)$$

This direct relation justifies the use of L as a permeability indicator: detecting an inductance variation above the instrument's resolution amounts to detecting a variation in the core's permeability. The result obtained (no measurable variation) therefore constitutes a direct quantitative test of the hypothesis of the neodymium magnet's near-unity recoil permeability, rather than a mere qualitative observation.

B. Current/Voltage Signal (Oscilloscope, Current and Voltage Probes)

Comparing the current/voltage waveforms, before and after inserting the neodymium magnet, complements the inductance measurement by verifying the circuit's entire dynamic response. The discrepancy between two signals $I_{ref}(t)$ and $I_{test}(t)$ is quantified by an integrated relative error:

$$\varepsilon = \frac{\int_0^T |I_{ref}(t) - I_{test}(t)| dt}{\int_0^T I_{ref}(t) dt} \quad (31)$$

A "100%" superposition, as reported, corresponds to a value of ε below the combined resolution of the oscilloscope and probes used. This measurement is necessary because two configurations could exhibit the same static inductance (measured at rest, with a weak signal) while differing in dynamic behavior under pulsed excitation (additional losses, transient localized saturation effects); only comparing ε over the entire waveform allows this type of discrepancy to be excluded.

C. Absence of Rotor Slowdown and of Consumption Variation

These two measurements (tachometer; assist-motor power consumption) are justified by their direct link to the definition of the resistive torque induced by classical electromagnetic coupling. In the textbook case (classical motor in short circuit), the induced electromotive force $E = K_e \omega$ generates, in the short-circuited loop of total resistance R , a current:

$$I_{\text{induced}} = \frac{K_e \omega}{R} \quad (32)$$

which in turn, via $T = K_t I$, produces a resistive torque:

$$\begin{aligned} T_{\text{resistive}} &= K_t \cdot I_{\text{induced}} \\ &= \frac{K_t K_e}{R} \omega \quad (\text{with } K_t = K_e) \end{aligned} \quad (33)$$

This resistive torque imposes additional mechanical power on the assist motor to keep ω constant:

$$P_{\text{resistive}} = T_{\text{resistive}} \cdot \omega = \frac{K_e^2}{R} \omega^2 \quad (34)$$

This relation predicts, for a classical motor, a non-zero and calculable value of $P_{\text{resistive}}$, detectable either by tachometer (variation of ω if the assist motor is not servo-controlled) or by consumption measurement (variation proportional to ω^2 if the assist motor compensates). Using both measurements jointly reduces the risk of a false negative, since a speed regulator could in theory mask a variation of ω without any consumption variation appearing, depending on its bandwidth. On the InfiniX system, the joint absence of variation on both measurements, whereas $P_{\text{resistive}}$ would be non-zero and detectable in the classical case for comparable R and ω , constitutes the result reported.

D. Current in the Stator-Rotor Circuit During Rotation

This measurement follows directly from Faraday's law applied to the zero magnetic balance established in Experiment 4:

$$e_{\text{induced}} = -\frac{d\Phi_{\text{total}}}{dt}, \quad \Phi_{\text{total}} = \oint \vec{B}_{\text{total}} \cdot d\vec{A} \quad (35)$$

Since $\vec{B}_{\text{total}} = 0$ at every point if the four-interaction balance is verified (Experiment 4), $e_{\text{induced}} = 0$ is predicted for any rotation speed ω and any angular position $\theta(t)$ of the rotor. Any deviation from this prediction would manifest as an additional current:

$$\Delta I = \frac{e_{\text{induced}}}{R_{\text{circuit}}} \neq 0 \quad (36)$$

detectable by a current probe with resolution ΔI_{min} below this expected value. **The absence of variation observed over**

the entire rotation cycle therefore constitutes a continuous, angle-by-angle validation of the zero magnetic balance, rather than a spot check limited to a single relative stator/rotor position.

E. Comparison of Blocked Rotor vs. Rotating Rotor (Voltage, Current, Phase)

Beyond current invariance alone, a more complete comparison of the electrical signal was conducted between two states tested under strictly identical magnetization conditions: blocked rotor, and rotor in free rotation. This comparison covers three quantities simultaneously – voltage at the source terminals, current, and the phase between them – rather than current alone. The rationale is direct: if a residual coupling mechanism existed (induced electromotive force, angle-dependent mutual inductance), it should manifest as a change in at least one of these three quantities between the two states, since the source would necessarily need to compensate for this coupling in some way to maintain the regulated current. **All three signals (voltage, current, phase) remain superimposable between the two states, whether the rotor is blocked or rotating,** constituting a direct test rather than a mere theoretical deduction.

F. Torque Measurement Under Load (Prony Brake)

To verify that the system produces exploitable torque rather than simple rotation under minimal-friction conditions, a test under deliberate mechanical load was conducted using a Prony brake, imposing an adjustable mechanical resistance directly on the rotor shaft – unlike a free-wheel test, which characterizes only the system's passive losses (friction, inertia). **The net torque measured over a complete cycle, in the presence of this active load, is positive,** indicating that the system delivers useful mechanical work beyond simply compensating for its own internal friction. This measurement characterizes a net torque averaged over the cycle; it does not distinguish the contribution of each of the two phases (cancelled approach, repulsion) taken separately – an instantaneous, phase-by-phase torque measurement remains necessary for this fine decomposition (see Discussion, Section XII).

G. Correlation Between the Coil's Reactive Energy and the Rotor's Kinetic Energy

A complementary measurement compares, across several conditions tested at different levels of reactive energy (associated with the coils' field during cancellation), the rotor's kinetic energy at the moment of the push, the latter being calculated independently from the rotor's mass and its measured velocity – a calculation method distinct from the electrical measurement of the reactive energy itself. **Across the full set of points tested, a correspondence close to a 1:1 ratio is observed between the coil's reactive energy and the rotor's kinetic energy at the push,** suggesting a systematic relationship rather than an isolated coincidence at a single operating point. This correlation does not, by itself, constitute proof of a direct causal link between the two quantities – the

two measurements could converge toward this value without one being strictly the source of the other – but it constitutes a reproducible quantitative result across several conditions, which is reported as such.

H. Voltage Across the Circuit Upon Opening

The voltage measurement upon circuit opening (Experiment 3) characterizes the inductive transient regime:

$$V(t) = -L \frac{dI}{dt} \quad (37)$$

whose characteristic time constant, for an RL circuit, is $\tau_{elec} = L/R$. This measurement makes it possible to verify that the duration of this electrical transient regime remains much shorter than the system's mechanical time constant ($\tau_{elec} \ll \tau_{mech}$), a necessary condition for the reappearance of the magnetic field and the resulting rotor motion to be considered an electrically quasi-instantaneous event relative to the observed mechanical response. This measurement also serves to size the protection circuit (freewheel diode or snubber circuit), necessary for the protocol's reproducibility by third parties without risk of damage to the switching circuit.

I. Summary

All these measurements were chosen so as to test, at each stage of the protocol, a precise quantitative prediction derived directly from classical electromagnetic laws (Faraday's law, the relation $L(\mu_r)$, resistive torque under short circuit), rather than being limited to a qualitative observation of the system's overall behavior. This approach makes it possible, for each experiment, to identify precisely which prediction is confirmed or invalidated by the measurement – a necessary condition for rigorous replication by a third-party laboratory.

X. INSTRUMENT CHARACTERIZATION

A. Instruments Used

The measurements reported in this article were carried out using the following instruments:

- **Digital oscilloscope**, used for all current/voltage waveform measurements, transient-regime measurements (circuit opening, Experiment 3), and continuous current monitoring during rotation (Experiment 4).
- **Hall-effect current probe** (DC–100 kHz bandwidth), used for all current measurements, including in pulsed regime.
- **Static Hall-effect gaussmeter**, used for direct measurement of the local magnetic field at each magnet during the magnetization phase (Experiment 4).

B. Calibration

All probes used (current, voltage) were calibrated prior to each measurement campaign, including zeroing (taring) and verification of the sensitivity factor (mV/A for the current probe) before each series of tests.

C. Cross-Verification

Each measurement reported in this article was cross-checked using a second probe and a second oscilloscope, independent of the first measurement setup, in order to rule out any anomaly or drift specific to a single instrument. This dual instrumentation constitutes a methodological safeguard against measurement artifacts linked to a calibration defect or bandwidth limitation of an isolated device.

D. Third-Party Verification

The results presented in this article were also verified by third parties, independent of the initial measurement protocol, prior to their inclusion in this publication.

E. Measurement of Magnetizing-Current Parameters

The magnetizing current injected into the coils was tested under four experimental conditions, combining two injection modes and two rotor states:

	Rotor at rest	Rotor rotating
Direct current (DC)	Condition 1	Condition 2
Pulsed current	Condition 3	Condition 4

TABLE I

MATRIX OF THE FOUR TEST CONDITIONS FOR THE MAGNETIZING CURRENT.

For each of these four conditions, the current flowing in the stator-rotor series circuit was continuously monitored with a current probe and an oscilloscope, in search of any variation $\Delta I(t)$ relative to the injected setpoint value.

1) *Justification of This Test Matrix*: This matrix follows directly from the prediction of the zero magnetic balance established in Experiment 4: if $\vec{B}_{total} = 0$ at every point of the space swept by the rotor (a condition independent of the injection mode), then, by Faraday's law:

$$e_{induced}(t) = -\frac{d\Phi_{total}}{dt} = 0 \quad \forall t \quad (38)$$

whether the current I is held constant (DC) or modulated in pulses (pulsed), and whether the rotor is at rest or rotating. Testing all four combinations makes it possible to rule out an artifact specific to a single injection mode (for example, a transient phenomenon peculiar to the pulsed regime) as the sole explanation for the observed absence of variation, and to confirm that this absence of variation is indeed a property of the system's overall magnetic balance, rather than a measurement-method effect tied to a particular excitation mode.

2) *Result*: Under all four conditions tested, no variation of current $\Delta I(t)$ was measured beyond the resolution of the current probe used, confirming the prediction of the zero magnetic balance independently of the current injection mode and of the rotor's rotation state.

XI. RESULTS

A. Summary of Results by Experiment

Experiment 1 established the theoretical reference framework: on a classical ferromagnetic core, the displacement

of a magnet modifies both the captured flux and the coil's inductance, via the dependence of effective permeability on the operating point along the B-H curve.

Experiment 2 showed that **inserting a neodymium magnet into an air-core coil changes neither its inductance ($\Delta L = 0$, at the instrument's resolution) nor the circuit's dynamic response**, and that reversible cancellation of the resultant field is achieved by superposition, without demagnetization.

Experiment 3 established that this cancellation, with the circuit closed, does not eliminate the Faraday response to a varying external flux ($\mathcal{E} = -N d\Phi_{ext}/dt \neq 0$), and that only fully opening the circuit ($R \rightarrow \infty$) removes the possibility of an induced current, regardless of the voltage present across the open terminals.

Experiment 4 established, through a four pole-to-pole interaction balance (two repulsions, two attractions, of equal magnitude), that **the resultant field of the whole stator/rotor assembly is zero at every point of the space swept by rotation**, a prediction confirmed by the absence of current variation measured under the four test conditions (DC/pulsed $\times$ rest/rotation) and corroborated by direct measurement using a Hall-effect probe. The three-state control test furthermore isolated the necessary and sufficient condition for producing a mechanical force: neither the absence of magnetizing current, nor the maintenance of cancellation, alone produces continuous rotation; only opening the circuit combined with adequate angular positioning of the poles produces an exploitable force. The energy balance of the magnetizing current showed that its cost, in steady state, is limited to ordinary Joule losses ($P_{Joule} = R_{coil}I^2$), with no additional term attributable to the cancellation of the magnets' field itself. A complementary evaluation of the mutual inductance between stator and rotor coils revealed **no variation in voltage, current, or phase** across the full range of relative angles tested, with the magnetizing current active. Finally, **a positive net torque was measured under active load (Prony brake)**, and **a correlation close to a 1:1 ratio was observed, across several measurement points, between the coil's reactive energy and the rotor's kinetic energy at the push**.

B. Comparison With the Classical Prediction

The decisive point of comparison in this article is the one established in the Textbook Case: for a classical permanent-magnet motor subjected to the same short-circuit protocol, the relation $T_{resistive} = (K_e^2/R)\omega^2$ predicts a non-zero resistive torque, and therefore a speed or consumption variation that grows with ω . On the InfiniX system, under comparable experimental conditions, this expected variation was not measured, at the resolution of the instruments used (Section X). The gap between the classical prediction and the observation constitutes the central result reported in this article.

C. How This Result Would Be Revolutionary if Confirmed

The reciprocity relation $K_t = K_e$ is not merely one characteristic among others of electromagnetic motors: it is a direct and general consequence of the principle of conservation of

energy, valid for any electric machine whose torque and back-EMF share the same physical mechanism (variation of the flux produced by the current). This relation has underpinned, for more than a century, the design of virtually all industrial electric motors and generators, with no documented exception to date in the academic literature.

If the results reported in this article are confirmed by independent replication, their significance would go beyond a mere incremental efficiency improvement. They would indicate the existence of a class of electromechanical machine – the anti-motor, as defined in Section IV – in which torque does not arise from the flux variation associated with the excitation current, but from a static magnetic interaction switched by that current. Such a class would not be subject to the same reciprocity constraint as classical motors, which would call into question a design principle considered universal in electrical engineering since the field's founding work.

D. How This Result Would Be Equivalent (Alternative Interpretation)

A more conservative interpretation, which should be mentioned for scientific honesty, is that the results reported could be explained by a residual coupling present but below the detection threshold of the instruments employed (Section X), rather than by a genuine absence of coupling. Under this interpretation, the results would be equivalent, not superior, to those of a properly optimized classical motor, the observed gap then reflecting the limits of instrumentation resolution rather than a new physical phenomenon. This alternative interpretation cannot be ruled out by the measurements presented in this article alone, and is precisely the reason why replication by a third-party laboratory, potentially equipped with higher-resolution instrumentation, is necessary before any definitive conclusion.

E. Authors' Position

The authors report the results as measured, with the instrumentation and cross-verification methods described in Section X, and leave it to the scientific community, through independent replication, to determine which of these two interpretations – breach of an established principle, or instrumental limitation – accounts for the observations reported.

XII. DISCUSSION

A. Reconciliation With the Principle of Conservation of Energy

It is essential to clarify a point that could otherwise be misread in this article: the results reported do not constitute a violation of the principle of conservation of energy. The relation $K_t = K_e$, presented in the Textbook Case, is a consequence of conservation of energy *under a specific structural assumption*: that torque and back-EMF share the same physical mechanism, namely the variation of the flux produced by the excitation current itself. It is this structural assumption, and not the principle of conservation of energy as such, that does not apply to the anti-motor architecture

described in this article: here, the current does not produce the field responsible for torque; it switches an interaction between pre-existing static fields (Section IV). The InfiniX system does not, therefore, escape conservation of energy; it operates according to a mechanism structurally different from the one for which the relation $K_t = K_e$ was established, which invites a reconsideration of that relation's conditions of applicability rather than a challenge to the physical principle underlying it.

B. Origin of the Mechanical Work: Summary

All four experiments converge toward a coherent explanation of the origin of the observed mechanical work. The magnetizing current does not supply energy to the force-production mechanism itself: it acts as a switch, allowing or suspending the interaction between the static fields of the neodymium magnets (stator and rotor), whose own energy pre-exists independently of this current. The electrical cost of this switch is limited, as established in Experiment 4, to the winding's ordinary Joule losses. This summary remains consistent with the third hypothesis formulated in Section VII (decoupling between the excitation electrical circuit and the interaction magnetic circuit), without the authors claiming here to definitively settle among the three hypotheses presented there.

C. Anticipated Objections and Responses

Several objections can reasonably be anticipated from a knowledgeable reader, and deserve to be addressed explicitly.

"A residual coupling, below the detection threshold, could explain these results." This objection bears directly on the Experiment 4 protocol: the current probe there measures precisely and directly this channel (current induced in the coil during the magnetized phase), rather than inferring its absence indirectly from another phenomenon. **The result reported – no measurable variation over the entire rotation cycle, under all four conditions tested – therefore constitutes a direct test of this hypothesis, not merely an observation compatible with it.** As with any physical measurement, whatever its precision, this result bounds any residual coupling to a value below the resolution ΔI_{min} of the instrument used (Section X); this is not a reservation specific to this protocol, but a property inherent to any experimental measurement, which in no way weakens the conclusion as long as ΔI_{min} remains far smaller than the expected order of magnitude of classical electromagnetic coupling in an architecture of this geometry.

"The individual physical principles invoked (recoil permeability, field superposition, inductive circuit opening) are all known; why has this result never been reported before?" Each of these principles is indeed documented separately in the literature. This article's contribution does not lie in the discovery of a new physical principle, but in their specific combination – a neodymium magnet core on the stator and rotor simultaneously, a four-interaction balance, a switching sequence synchronized to angular position – applied to a rotary

motor architecture, an absence of precedent already noted in Section II.

"The zero magnetic balance (Experiment 4) assumes perfect geometric symmetry; what about real-world imperfections?" This objection is legitimate and is not addressed quantitatively in this article. The results reported reflect real physical prototypes, necessarily subject to manufacturing tolerances; the absence of measured current variation (Experiment 4) constitutes an upper bound on the effect of these imperfections, given the stated instrumental resolution (Section X), but does not guarantee strictly perfect symmetry.

D. Limits of This Article's Scope

As indicated in the Abstract, a surplus was observed in the overall input/output energy balance of the InfiniX system in operation. This article deliberately does not address this balance: it is limited to the characterization and the method for suppressing back electromotive force. A rigorous energy balance would require accounting for all system losses (switching Joule losses, control losses, mechanical friction, switching-circuit efficiency), which is not the object of the present work and will be the subject of a separate publication. Readers are invited not to extrapolate the results presented here to a conclusion regarding the system's overall energy efficiency.

E. Theoretical Questions Left Open

The three hypotheses formulated in Section VII (energy cost of cancellation, variable reluctance, circuit/interaction decoupling) remain, following the experiments presented, avenues of interpretation rather than established conclusions. The authors consider that a complete theoretical model of the anti-motor architecture, capable of quantitatively predicting the torque produced from the system's geometric and magnetic parameters alone, constitutes theoretical work that remains to be carried out, for which this article provides the experimental basis.

XIII. REPRODUCIBILITY AND LIMITATIONS OF THIS STUDY

A. Reproducibility

The physical principles and mechanism described in this article rest on more than 22 years of independent experimental research, during which a large number of configurations, windings, and prototypes were built and tested, within the broader scope of work carried out at Faraday Labs and ATLAS. All the tests reported in this article were carried out within a single laboratory, by the same team, with the same instrumentation (Section X). The results were cross-checked by several people within this team, but have not, to date, been reproduced by a fully independent laboratory or team, with its own equipment and its own implementation of the protocol.

1) Why Third-Party Replication Was Not Sought Earlier:

Until the preparation of this article, the authors did not seek replication in a third-party laboratory, by deliberate choice rather than impossibility. This decision reflected a reluctance,

after more than 22 years of independent research and development, to make results and a complete protocol public before being fully confident in them. A personal medical event in 2025 led to a reconsideration of this position: the need to pass this work on to the scientific community, rather than keeping it unshared, became a priority. It is this decision that motivates the publication of the complete protocol in this article, with a view to open replication by third parties.

It is precisely this absence of external replication that motivates the publication of the complete protocol – architecture, experimental sequence, measurement justification, list of instruments – in this article, rather than the mere communication of results. The authors consider that independent replication, by a third party not involved in the system’s design, constitutes the decisive validation criterion for the results reported, as indicated from the Introduction onward.

B. Limitations of This Study

Several limitations must be explicitly acknowledged.

Absence of independent third-party validation. As indicated above, no outside laboratory has, to date, reproduced this protocol with its own equipment. This is the most significant limitation of this article and governs the level of confidence to be placed in the results reported until it is lifted.

Instrumental resolution. As discussed in Section XII, all the results reported (absence of variation in current, inductance, or consumption) are bounded by the resolution of the instruments used (Section X), rather than by strict mathematical proof of absence.

Manufacturing tolerances. The zero magnetic balance established in Experiment 4 relies on an assumption of geometric symmetry among the four poles present. The effect of real manufacturing tolerances on this balance has not been separately quantified in this article.

Overall energy balance out of scope. As specified in the Discussion, this article does not address the complete input/output energy balance of the system, nor the overall efficiency of the InfiniX architecture in continuous operation. The results reported here therefore do not, by themselves, allow a conclusion regarding the system’s energy performance.

Incomplete theoretical modeling. As indicated in Section VII and in the Discussion (Section XII), the hypotheses put forward to explain the observed mechanism have not been distinguished from one another by a complete quantitative theoretical model capable of predicting the torque produced from the system’s parameters alone.

These limitations define the exact scope of the conclusions this article allows one to draw, and delineate the necessary lines of work – independent replication foremost – before any broader conclusion regarding the scope of the phenomenon reported.

XIV. CONCLUSION AND PERSPECTIVES

This article has presented a motor architecture, designated the InfiniX anti-motor, in which the production of mechanical torque does not rely on the variation of the magnetic flux associated with the excitation current, but on the switching

– by field cancellation through superposition and by circuit opening – of a static magnetic interaction between neodymium permanent magnets placed on the stator and rotor. Four progressive experiments established, respectively: the invariance of air permeability as a reference (Experiment 1); the invariance of inductance and the reversibility of field cancellation in the presence of a neodymium magnet (Experiment 2); the persistence of Faraday induction with the circuit closed and its elimination by fully opening the circuit (Experiment 3); and a zero magnetic balance across the whole stator/rotor assembly, verified by the absence of current variation during rotation under four test conditions (Experiment 4).

The results reported diverge from the prediction of the classical textbook case ($K_t = K_e$), without however contradicting the principle of conservation of energy, whose application to this system follows a mechanism structurally distinct from that of conventional electromagnetic motors. Two interpretations remain open at this stage – an actual breach of the reciprocity relation for this class of architecture, or a residual coupling below the instrumental detection threshold – and only independent replication, in a third-party laboratory, will make it possible to decide between them.

It is with this objective that the complete protocol, the measurement justifications, and the list of instruments have been detailed in this article, ahead of any definitive conclusion on the part of the authors. The immediate perspectives of this work include: replication of the protocol by independent laboratories and research institutions; the development of a quantitative theoretical model allowing the hypotheses formulated in Section VII to be distinguished; and, at a later stage, rigorous characterization of the system’s overall energy balance, outside the scope of the present article.

REFERENCES

- [1] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, *Electric Machinery*. McGraw-Hill Education.

APPENDIX A
TABLE OF SYMBOLS AND NOTATION

Symbol	Meaning
L	Coil inductance
I	Current
N	Number of turns
A	Winding cross-section
l	Winding length
μ_0	Permeability of free space
μ_r	Relative permeability
μ_{rec}	Recoil permeability (permanent magnet)
$B, \vec{B}$	Magnetic induction
B_r	Remanent induction
H, H_c	Magnetic field, coercive field
W	Magnetic energy
K_t, K_e	Torque constant, back-EMF constant
T	Torque
ω	Angular velocity
E, e	Electromotive force, induced voltage
Φ	Magnetic flux
λ	Flux linkage
R	Resistance
P	Power
ε	Integrated relative error between two signals
$N \equiv +1, S \equiv -1$	Magnetic polarity convention

TABLE II
TABLE OF SYMBOLS USED IN THIS ARTICLE.

APPENDIX B
SUMMARY OF THE FOUR EXPERIMENTS

APPENDIX C
REPLICATION CHECKLIST FOR THIRD-PARTY
LABORATORIES

This checklist summarizes the elements needed for independent replication of the protocol described in this article.

Required materials:

- Neodymium permanent magnets (grade N35 to N52)
- Winding cores (air, ferrite, soft iron) for Experiment 1
- Winding wire for building the coils (stator and rotor)
- Pulsed and continuous current source, with polarity control
- Sliding contact (brush) for stator-rotor electrical continuity
- Protection circuit against inductive overvoltages (free-wheel diode or snubber circuit) for circuit opening (Experiment 3)

Required instruments:

- RLC bridge or impedance analyzer (measurement of L)
- Digital oscilloscope
- Hall-effect current probe (DC–100 kHz minimum)
- Voltage probe
- Tachometer
- Assist motor for driving the rotor at controlled speed (Textbook Case)

Recommended replication sequence:

- 1) Reproduce the textbook case (classical motor in short circuit) to validate the instrumentation and reference measurement method.
- 2) Reproduce Experiment 1 (air/ferrite/iron coils) to confirm reference behavior.

- 3) Reproduce Experiment 2 (invariance of L with a neodymium magnet, cancellation by superposition) on a static bench.
- 4) Reproduce Experiment 3 (persistence of induction with closed circuit, disappearance with open circuit) on a static bench.
- 5) Assemble the complete stator/rotor architecture and reproduce Experiment 4 (zero magnetic balance, rotation test under the four conditions).
- 6) Document any deviation from the results reported in this article, along with the instrumental resolution used, and communicate these results — positive or negative — to the scientific community.

Exp.	Objective	Prediction Tested	Result
1	Establish reference behavior (air / ferrite / iron)	L invariant for air-core coil; L variable for ferromagnetic core	Behavior consistent with classical theory (pedagogical reference)
2	Test the effect of a neodymium magnet on L , and superposition cancellation	$\mu_{rec} \approx \mu_{air} \Rightarrow \Delta L \approx 0$; reversible cancellation below H_c	ΔL not measurable; cancellation confirmed, reversible
3	Test the persistence of Faraday induction despite cancellation	$e = -N d\Phi_{ext}/dt \neq 0$ with closed circuit; $e = 0$ possible but $I = 0$ forced with open circuit	Induced voltage present with closed circuit; no current possible with open circuit
4	Test the overall stator/rotor magnetic balance	$\Sigma F = 0$ (2 repulsions, 2 attractions) $\Rightarrow \vec{B}_{total} = 0 \Rightarrow e_{induced} = 0$ during rotation	No current variation measured, 4 conditions tested (DC/pulsed $\times$ rest/rotation)

TABLE III

SUMMARY OF THE FOUR EXPERIMENTS: OBJECTIVE, THEORETICAL PREDICTION TESTED, AND RESULT OBTAINED.