



HAL
open science

Stratégies d'optimisation système/réseau, application aux réseaux des futurs avions plus électriques

Djamel Hadbi

► **To cite this version:**

Djamel Hadbi. Stratégies d'optimisation système/réseau, application aux réseaux des futurs avions plus électriques. Journées JCGE'2014 - SEEDS, Jun 2014, Saint-Louis, France. hal-01083929

HAL Id: hal-01083929

<https://hal.science/hal-01083929>

Submitted on 18 Nov 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Stratégies d'optimisation système/réseau, application aux réseaux des futurs avions plus électriques

Djamel HADBI

Univ. Grenoble Alpes, G2Elab, F-38000 Grenoble, France
CNRS, G2Elab, F-38000 Grenoble, France
Université de Toulouse, LAPLACE,
UMR CNRS-INPT-UPS, 2 rue Camichel, 31071 Toulouse, France
Djamel.Hadbi@g2elab.grenoble-inp.fr

RESUME – Ces travaux ont pour but l'élaboration de stratégies de conception pour des systèmes complexes de grande taille. On propose dans un premier temps de quantifier la marge de gain potentiellement atteignable pour identifier par la suite deux critères essentiels à ces stratégies. Des approches connues sont reprises; de nouvelles sont présentées et leur sont confrontées afin de mesurer leurs performances. Une classification originale est alors proposée en rapport avec les critères identifiés. Cette classification offre aux concepteurs de systèmes un moyen d'apprécier les possibilités d'application de ces stratégies par rapport aux classes de problèmes de conception rencontrées.

ABSTRACT – This paper deals with the issue of designing large complex system. First, we propose to quantify the gain margin potentially achievable. Then two essential criteria of these strategies are identified. Known approaches are taken; new ones are presented and compared to measure their performance. An original classification based on the two criteria identified is proposed, this classification provides system designers a means of assessing the applicability of these strategies with respect to classes of design problems encountered.

MOTS-CLES – Conception systémique, optimisation, méthodes multiniveaux, réseaux aéronautiques embarqués, CADES.

1. Introduction

Le transport aérien occupe une place majeure dans notre monde moderne, c'est le mode de transport le plus rapide, le plus sûr et le plus privilégié pour les grandes distances. Cependant, l'augmentation du trafic aérien impose de nouvelles contraintes liées à la consommation de carburant d'origine fossile avec des prix qui s'envolent, une pollution de moins en moins tolérée et des exigences en termes de confort toujours aussi importantes. L'industrie aéronautique fait donc face au défi existentiel de proposer des avions de plus en plus légers mais toujours plus performants et plus sûrs.

Les concepteurs du domaine aéronautique ont proposé une première réponse avec l'électrification croissante des systèmes de bord. Les innovations dans les matériaux utilisés ainsi que le remplacement de systèmes autrefois pneumatiques ou hydrauliques lourds par des systèmes électriques plus performants avec des souplesses de maintenance ont constitué un sérieux pas vers l'avion plus électrique. [1], [2].

La seconde étape concerne les processus de conception avec l'introduction de l'optimisation ce qui a révolutionné le domaine de conception en atteignant des niveaux de performances et d'efficacité inégalés jusque-là [1], [2], [3]. C'est dans cette optique que s'inscrivent certains travaux menés dans le cadre du projet GENOME : GEstioN OptiMisée de l'Energie (projet collaboratif français cofinancé par le « Programme d'Investissement d'Avenir » impliquant 49 sociétés et académiques et destiné à concevoir avec des niveaux de maturité élevés des technologies et des architectures pour l'avion et l'hélicoptère « plus électrique »). L'objectif de ma thèse est de proposer des stratégies d'optimisation au niveau réseau de manière à coordonner les efforts de conception d'un nombre important de charges électriques connectées sur ce réseau afin d'aboutir à un système optimal au regard de certains critères (masse et efficacité énergétique notamment).

Dans un premier temps, je passerai en revue l'approche utilisée classiquement en pointant ses limites ; je présenterai également l'approche système qui correspond à une solution idéale mais irréalisable sur le terrain pour des raisons que j'évoquerai par la suite. Le cœur du papier présentera deux nouvelles méthodes destinées à répondre aux limitations de ces deux approches en prenant comme application un dimensionnement d'un réseau aéronautique composé d'un canal de génération et d'une charge non linéaire. Enfin, une approche multiniveaux en développement sera proposée à partir des enseignements appris des méthodes précédentes. Elle sera soutenue également par d'autres travaux sur la conception multiniveaux [3], [4], [5].

2. De l'approche mécaniste vers l'approche systémique

2.1 Présentation du cas d'étude

Un réseau de bord comporte un nombre important de sources et de charges connectées sur un même bus. Dans le cadre de notre étude sur l'élaboration de stratégies de conception système, nous nous sommes basés dans un premier temps sur un cas d'école de réseau assez restreint pour établir les méthodes. Il s'agit d'un canal de génération de 540V sur lequel est branchée une charge non linéaire. Le canal de génération comporte un générateur, un redresseur et un filtre de sortie. La charge comporte un actionneur à grande vitesse de rotation, l'onduleur nécessaire au pilotage du moteur et son filtre.

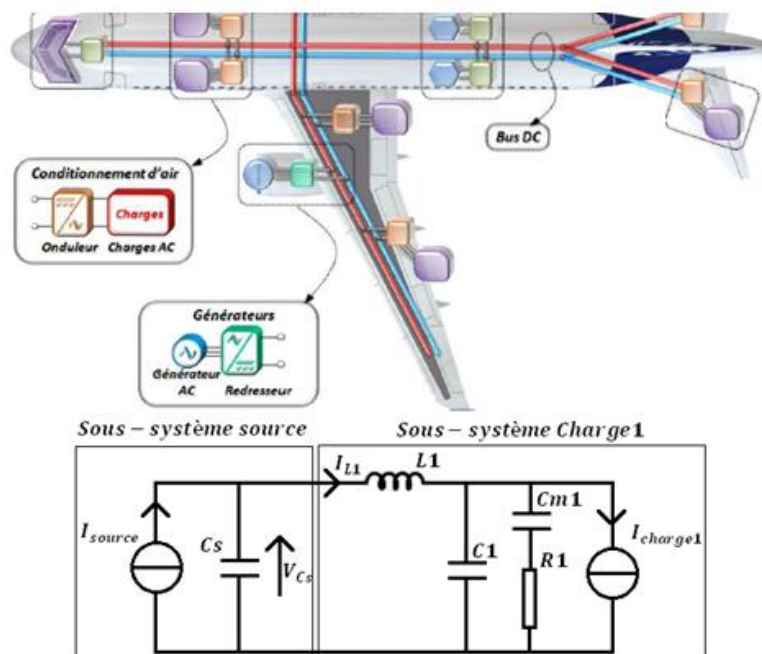


Figure 1 : Exemple d'un réseau électrique embarqué d'avion

L'étude réalisée a pour but le dimensionnement d'un réseau composé de deux charges par rapport à une norme de qualité de réseau. Afin de simplifier l'étude, nous avons réduit le dimensionnement des deux sous-systèmes composant le réseau au dimensionnement de leurs filtres. Le générateur et son redresseur sont assimilés à une source de courant débitant dans un filtre de sortie. La charge quant à elle est réduite à son filtre et des sources de courant représentant la circulation de puissance et les harmoniques liés au découpage introduit par l'onduleur. Le dimensionnement doit répondre à des contraintes fréquentielles décrites par le gabarit de la norme. Au lieu d'étudier l'ensemble du gabarit de façon continu, nous avons fait le choix de discrétiser la bande de fréquence en prenant en compte à la fois des harmoniques issus du redressement et des harmoniques issus du découpage de l'onduleur de la charge. Un exemple de gabarit normatif et de discrétisation est montré ci-dessous.

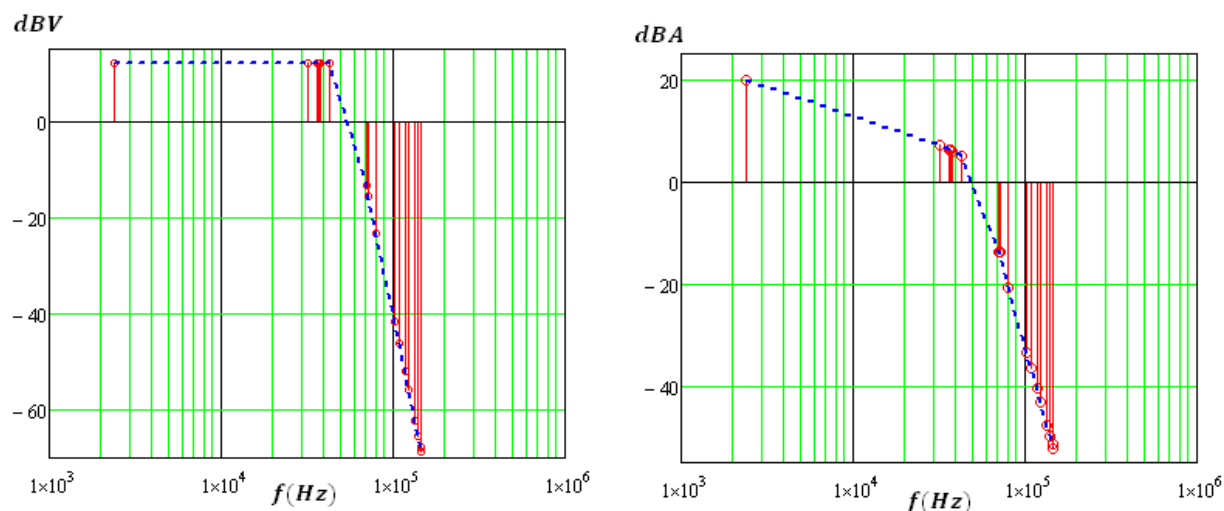


Figure 2 : Exemple de spécifications en tension et en courant

2.2 Approche de conception mécaniste

L'approche de conception mécaniste est une approche métier qui repose sur l'expertise des équipementiers et leurs savoir-faire, chacun des composants du système est dimensionné séparément par rapport à la norme avec une utilisation possible, bien que souvent restreinte de l'optimisation. Ceci permet le découplage des différents processus de conception dans la mesure où chacun des dimensionnements conduit au pire cas possible admissible par la norme. La norme doit donc être très stricte afin de garantir un fonctionnement du système même en cas de couplage défavorable entre les composants : par exemple, résonance entre filtres. Cette approche se traduit par deux problèmes de conception :

Le problème de conception de la source est un problème d'optimisation mono-objectif de minimisation de masse sous les contraintes de qualités de tension décrites par la discrétisation effectuée sur le gabarit initial :

$$\text{Le problème de conception de la source : } \begin{cases} \min_{Cs} M_{source} \\ H_{V_{Cs_f}}(\%) \leq \text{Norme en } V \\ H_{I_{L1_f}}(\%) = \max(\text{Norme en } I) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} V_{Cs} = \frac{1}{jCs\omega} [1 \quad -1] \begin{bmatrix} I_{source} \\ I_{L1} \end{bmatrix} \\ M_{source} = f_1(Cs) \end{cases} \quad (2)$$

Le problème de conception de la charge est un problème d'optimisation mono-objectif de minimisation de masse sous les contraintes de qualités de courant décrites par la discrétisation effectuée sur le gabarit initial.

$$\text{Le problème de conception de la charge : } \begin{cases} \min_{C1, Cm1, L1} M_{charge1} \\ H_{I_{L1_f}}(\%) \leq \text{Norme en } I \\ H_{V_{Cs_f}}(\%) = \max(\text{Norme en } V) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} j.L1.\omega & 1 & 0 \\ 1 & -j.C1.\omega & -j.Cm1.\omega \\ 0 & 1 & -(j.Rm1.Cm1.\omega + 1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \langle I_{L1} \rangle_\omega \\ \langle V_{C1} \rangle_\omega \\ \langle V_{Cm1} \rangle_\omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle V_{Cs} \rangle_\omega \\ \langle I_{charge1} \rangle_\omega \\ 0 \end{bmatrix} \\ M_{charge1} = f_2(C1, Cm1, L1) \end{cases} \quad (4)$$

2.3 Approche système globale

Appelée aussi approche système simultanée [1], elle consiste à optimiser l'ensemble du système en une seule fois. L'approche système permet de décrire toutes les interactions entre les composants d'un système.

Le problème d'optimisation système est un problème mono-objectif de minimisation de la masse totale sous vingt-quatre contraintes correspondantes aux limitations des harmoniques issus de la discrétisation du gabarit de la norme en tension et en courant.

$$\text{Le problème de conception système : } \begin{cases} \min_{Cs, C1, Cm1, Rm1} M_{tot} \\ H_{V_{Cs_f}}(\%) \leq \text{Norme en } V \\ H_{I_{L1_f}}(\%) \leq \text{Norme en } I \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} j.L1.\omega & -1 & +1 & 0 \\ 1 & j.Cs.\omega & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -j.C1.\omega & -j.Cm1.\omega \\ 0 & 0 & 1 & -(1 + j.Rm1.Cm1.\omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \langle I_{L1} \rangle_\omega \\ \langle V_{Cs} \rangle_\omega \\ \langle V_{C1} \rangle_\omega \\ \langle V_{Cm1} \rangle_\omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \langle I_{source} \rangle_\omega \\ \langle I_{charge1} \rangle_\omega \\ 0 \end{bmatrix} \\ M_{source} = f_1(Cs) \\ M_{charge1} = f_2(C1, Cm1, L1) \end{cases} \quad (6)$$

Les modèles et les optimisations ont été réalisés sur l'environnement CADES de VESTA SYSTEM. [6]

2.4 Optimisation

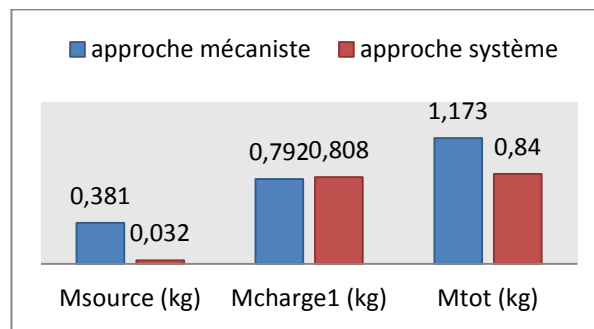


Figure 3 : Comparaison entre les fonctions objectif

Les résultats montrent que la masse totale obtenue par l'approche système est meilleure (masse plus petite) que celle obtenue par l'approche mécaniste. On observe que la masse de la charge dans l'approche système est légèrement supérieure à sa masse dans l'approche mécaniste. C'est ce relâchement de masse qui a permis un gain nettement plus grand sur la masse de la source et au final une masse totale plus faible. L'explication réside dans les frontières de chaque sous-système qui dans l'approche mécaniste sont fixées à la pire contrainte de la norme. Par contre, dans l'approche système, les frontières (tension et courant du bus) sont connues de façon exacte grâce au modèle système.

La pertinence de l'approche système est donc avérée sur ce cas d'étude dans la mesure où elle permet de considérer les interactions entre les sous-systèmes.

2.5 Limites de l'approche système

L'approche système est certes celle qui permet d'aboutir au meilleur dimensionnement système. Cependant, l'application de cette approche se confronte à plusieurs obstacles :

- Les systèmes réels sont très complexes, avec une forte interdisciplinarité d'où des difficultés de trouver un modèle fidèle et compatible avec le calcul de conception (convergence numérique lors de l'optimisation).
- Les réseaux embarqués comportent un nombre élevé de charges ; par conséquent le problème de conception système peut devenir vaste si bien qu'il devient non solvable pour des questions de coût de calcul et/ou de non disponibilité d'algorithmes suffisamment puissants et rapide pour résoudre des problèmes de cette taille.
- Une connaissance limitée d'une partie du système à cause de contraintes de confidentialité (modèle en boîte noire) ; un équipementier veut protéger son savoir-faire et par conséquent n'offre pas nécessairement la possibilité d'intervenir sur la conception de son propre équipement. Des différences au niveau de la maturité dans le processus de conception des sous-systèmes peuvent également être en cause.

Il apparaît donc que l'approche système globale constitue une utopie dans la mesure où elle est rarement applicable sur des systèmes larges et complexes d'où le besoin de trouver d'autres stratégies de conception systémiques qui dépassent les limites de l'approche système globale.

3. Des approches systémiques par décomposition de système

Répartir les tâches entre équipementiers est une nécessité pour permettre une utilisation optimale du savoir-faire accumulé par eux, en garantissant à chacun le secret de son dimensionnement. C'est aussi une évidence lorsqu'on considère la taille des problèmes de conception dans les systèmes complexes. Décomposer un système complexe permet donc de traiter des sous-problèmes de taille rationnelle plus simples à résoudre.

Une décomposition intelligente du système est donc nécessaire mais pas suffisante. En effet, il faut faire interagir les équipementiers pour amener les solutions mécanistes à évoluer vers des solutions optimales d'un point de vu système.

3.1 Méthode basée sur une approche collaborative

3.1.1 Principe

La méthode collaborative doit permettre de trouver les valeurs des variables de frontière et qui doivent être égales pour les sous-systèmes issus de la décomposition. Dans cette optique on propose une méthode séquentielle basée sur une collaboration des processus de conception des deux composants en communiquant sur les variables globales.

La première étape est la vérification de la condition nécessaire qui traduit la justesse de la décomposition du système. Pour reconstruire au niveau système la fonction objectif globale, on doit pouvoir l'exprimer à partir des fonctions objectifs des sous-systèmes.

La seconde étape consiste à identifier les variables globales à la base des échanges de données entre les sous-systèmes. Comme d'autres approches de conception système [3], une terminologie particulière est utilisée pour désigner les relations entre sous-systèmes. Dans cette approche, on fait la distinction entre variables propres qui ne dépendent que d'un seul sous-système et les variables globales qui dépendent d'au moins deux sous-systèmes. Les variables globales sont identifiées, et utilisées pour définir le problème de conception à chaque itération. Les valeurs de ces variables varient pendant le processus de conception, ceci donne lieu à un problème de conception différent à chaque itération qui d'un côté dépend des variables globales et en même temps va influencer sur leurs valeurs.

Tableau 1. Classification des variables du problème de conception

	Paramètre de conception	Variables			objectif
		Variable propre	Variables globale d'entrée	Variables globales de sortie	
Problème d'optimisation de la source	C_s	I_{source}	I_{L1}	V_{C_s}	M_{source}
Problème d'optimisation de la charge	$C1, C_{m1}, L1$	$I_{charge1}$	V_{C_s}	I_{L1}	$M_{charge1}$

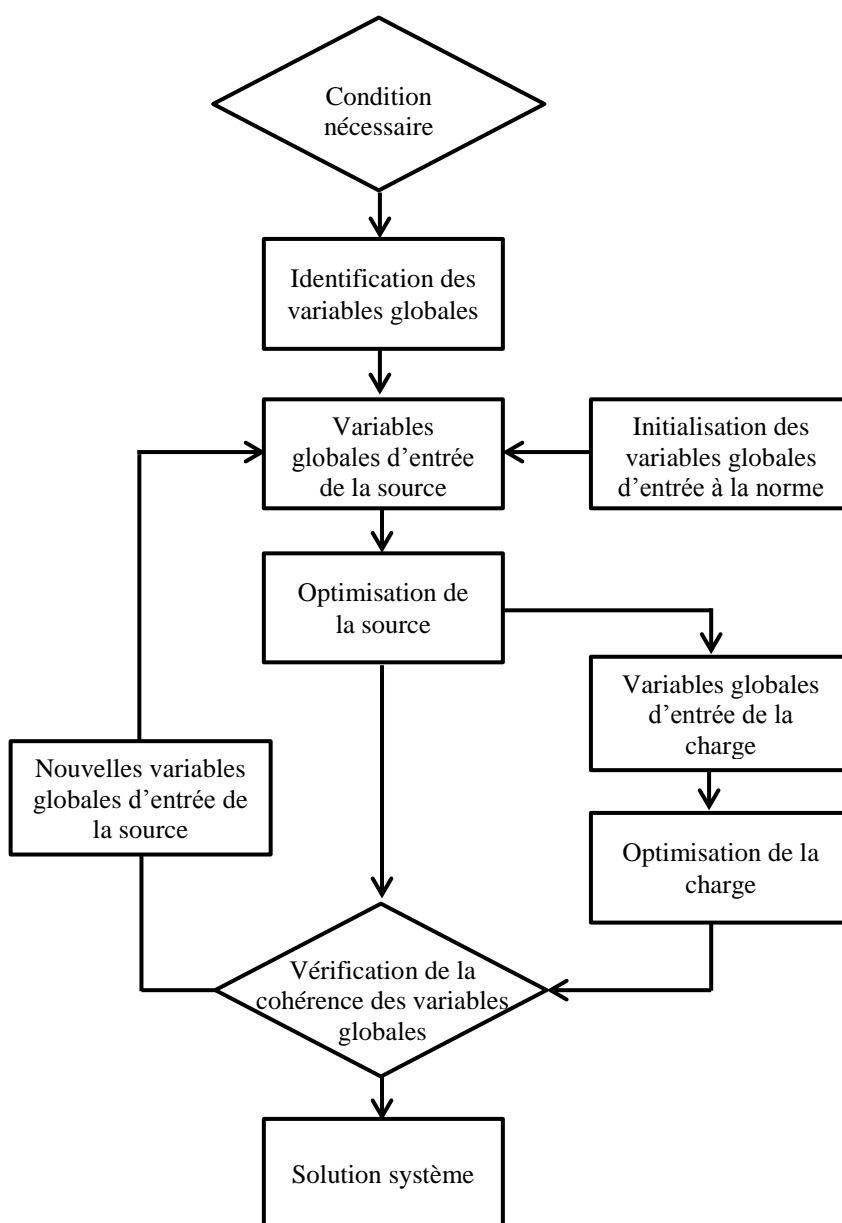


Figure 4 : Organigramme de la méthode collaborative

L'optimisation de chaque composant permet de générer les spécifications pour la conception du composant suivant de façon séquentielle.

Ensuite on fait un test sur les variables globales entre les deux sous-systèmes. Si le test est concluant, on calcule la fonction objectif système sinon on reboucle sur la première optimisation.

3.1.2 Application au dimensionnement d'un réseau d'avion à deux charges

L'approche collaborative a été utilisée au départ pour le dimensionnement d'un même système qui comprenait deux modèles définissant deux aspects différents [3], [7], [8]. Nous nous sommes inspirés de cette idée pour construire une formulation qui permette le dimensionnement d'un système composé de deux sous-systèmes.

Tout d'abord on vérifie la condition nécessaire :

$$M_{tot} = M_{source} + M_{charge1} \quad (7)$$

On passe après à l'initialisation du processus, c'est une étape déterminante dans le processus. On a choisi dans un premier temps d'initialiser les entrées globales de la source à leurs valeurs limites données par la norme.

$$\begin{cases} I_{L1}^{S.P.source} = I_{L1} Norme \\ V_{Cs}^{S.P.source} = g_{source}(Cs, I_{L1}^{S.P.source}) \end{cases} \quad (8)$$

Ensuite, on récupère les sorties globales de l'optimisation de la source qu'on va injecter dans l'optimisation de la charge. A ce moment, l'optimisation de la charge sera influencée par les résultats de l'optimisation de la source ; ce qui donnera une solution différente de l'approche mécaniste appliquée à la charge.

$$\begin{cases} V_{Cs}^{S.P.charge1} = V_{Cs}^{S.P.source} \\ I_{L1}^{S.P.charge1} = g_{charge1}(C1, Cm1, L1, V_{Cs}^{S.P.charge1}) \end{cases} \quad (9)$$

Un test est ensuite réalisé sur les variables globales courant pour vérifier leurs cohérences entre le moment où elles sont spécifiées au problème d'optimisation de la source et leurs nouvelles valeurs calculées par l'optimisation de la charge.

$$|I_{L1}^{S.P.source} - I_{L1}^{S.P.charge1}| = 0 \quad (10)$$

Si toutes les variables globales ont les mêmes valeurs vues par la source et par la charge alors le résultat système est calculé, sinon on réinjecte les sorties globales de la charge dans le processus d'optimisation de la source et on réitère jusqu'à convergence des variables globales.

$$M_{tot} = M_{source} + M_{charge1} \quad (11)$$

3.1.3 Résultats

Avec cette approche nous avons constaté une convergence des variables globales vers des valeurs identiques dans les deux sous-problèmes au bout d'un nombre réduit d'itérations.

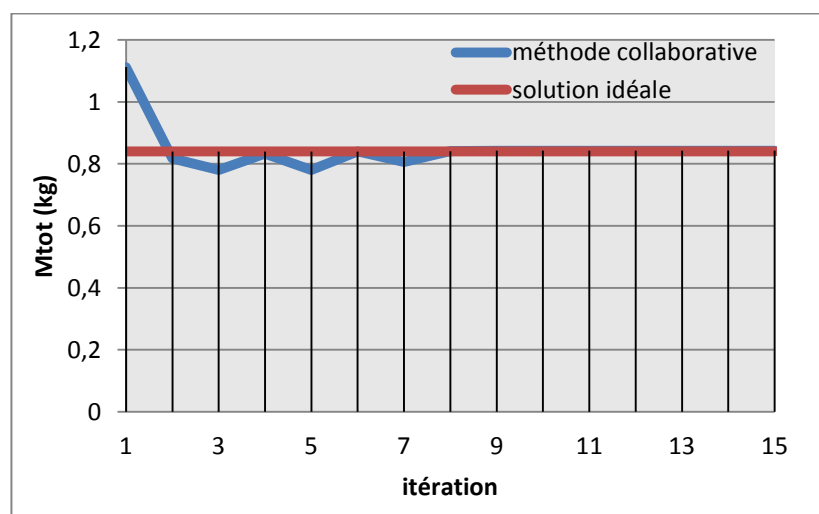


Figure 5 : Variation de la fonction objectif pendant le processus d'optimisation

Sur un cas de réseau à trois charges, nous avons relevé une convergence prématurée vers un autre résultat système sous-optimal, certes meilleur que celui de l'approche mécaniste mais qui est loin de la solution système optimale.

Nous avons donc testé d'autres initialisations possibles et on se rend compte que la solution obtenue n'est pas toujours la solution système optimale. Le processus dépend de l'initialisation et comme le processus n'inclut pas de critère

système qui permette d’orienter la recherche de solution vers la masse totale la plus petite, rien ne garantit la convergence vers l’optimum global.

Néanmoins, il faut souligner un avantage majeur de cette méthode qui par sa définition garantit la cohérence entre les variables de frontières de la solution.

3.2 Méthode des fronts de Pareto Etendus (M.F.P.E)

3.2.1 Méthodologie

Cette méthode a été proposée pour faire face à un problème de conception multi objectif d’un système composé de deux parties [9]. Elle reprend la même condition nécessaire que l’approche collaborative puisque elle repose elle aussi sur une décomposition du système.

Elle reprend également la classification des variables qui interviennent dans le problème d’optimisation [3]. Cette classification fait apparaître des variables communes aux deux sous-problèmes et propose un ensemble de solutions possibles suivant les valeurs de ces variables et les combinaisons possible entre elles.

Une fois la construction de l’espace des solutions de chaque sous-problème effectuée, on fait une première sélection des solutions compatibles puis on applique le critère de dominance de Pareto pour construire le front de Pareto système.

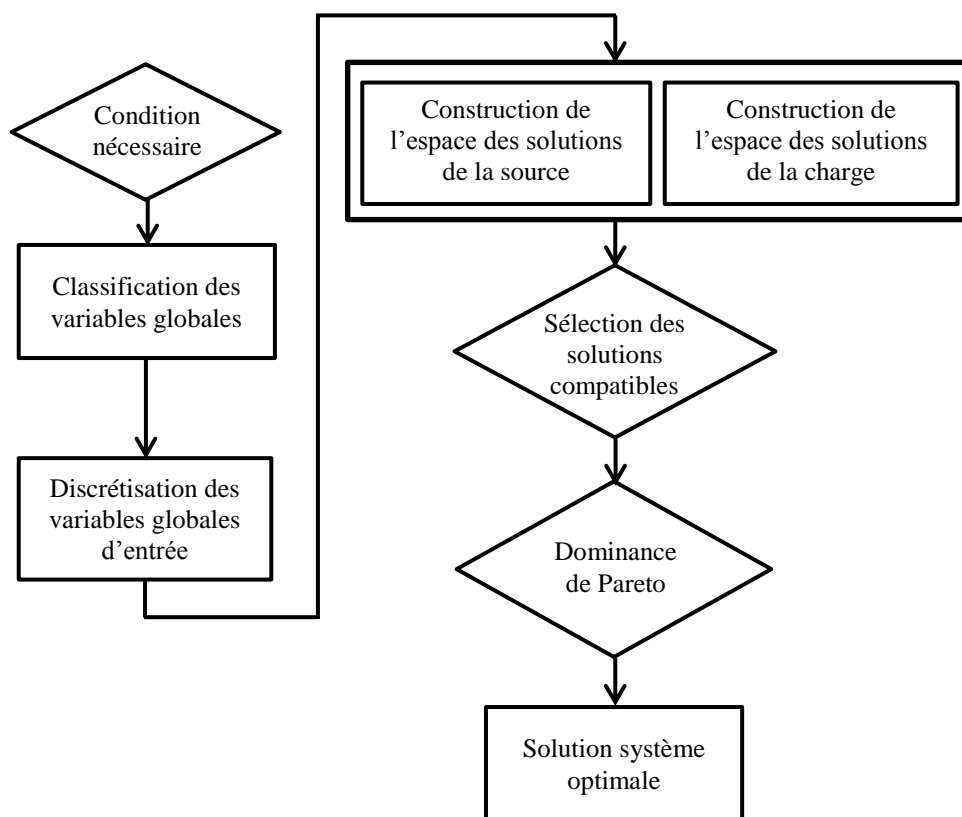


Figure 6 : Organigramme de la méthode des fronts de Pareto étendus

3.2.2 Application au dimensionnement d’un réseau d’avion à deux charges

Pour pouvoir appliquer cette méthode, une condition nécessaire doit être vérifiée [9]; la fonction objectif système doit pouvoir s’écrire en fonction des fonctions objectifs des sous-systèmes. Dans notre cas, la masse globale du système est une combinaison linéaire des masses des sous-systèmes.

$$M_{tot} = M_{source} + M_{charge1} \quad (12)$$

La classification des variables globales permet d’explicitier les interactions entre les deux sous-systèmes (cf. figure ci-dessous).

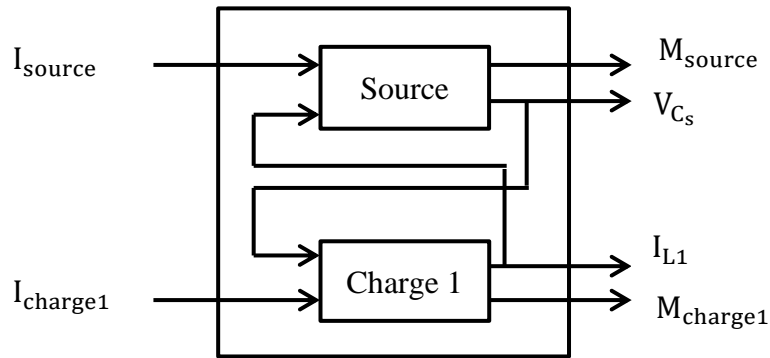


Figure 7 : Couplage entre les sous-systèmes

Nous avons un modèle fréquentiel où nous calculons des composantes harmoniques sur un nombre de fréquences discrétisées du gabarit normatif assez élevé. Contrairement à l'approche collaborative, où les variables globales sont données par l'optimisation de l'autre sous-système, on doit explorer toutes les combinaisons possibles entre les variables globales pour pouvoir construire les espaces de solution complets. Ceci conduit à un nombre d'optimisations très important. Si on considère les douze harmoniques de courant et les douze harmoniques de tension de la discrétisation du gabarit, et si on considère que chaque harmonique peut prendre N valeurs d'amplitude et N valeurs de phases différentes on aboutit à N^{24} optimisations pour chaque sous-système.

Un choix a donc été fait de ne garder que trois fréquences particulières du système : f_0 , f_1 et f_2 . Ce choix s'explique par rapport aux fréquences où la pollution est la plus problématique. Ce sont la première fréquence de l'harmonique du redresseur et les fréquences de découpage de l'onduleur de la charge les plus critiques au vu de la norme. Il faut donc effectuer N^6 optimisations pour chaque sous problème où N est le nombre d'échantillons de chaque variable globale.

Tableau 2. Discrétisation des variables globales

	Variables globales d'entrée	Nombre d'optimisation
Problème d'optimisation de la source	$ I_{L_{f_0}} , I_{L_{f_1}} , I_{L_{f_2}} , \Phi(I_{L_{f_0}}), \Phi(I_{L_{f_1}}), \Phi(I_{L_{f_2}})$	N^6
Problème d'optimisation de la charge	$ V_{C_{s_{f_0}}} , V_{C_{s_{f_1}}} , V_{C_{s_{f_2}}} , \Phi(V_{C_{s_{f_0}}}), \Phi(V_{C_{s_{f_1}}}), \Phi(V_{C_{s_{f_2}}})$	N^6

La résolution des problèmes d'optimisation a permis d'explorer l'espace des solutions en allant chercher les résultats d'optimisation lorsqu'ils existent. Une fois les deux espaces de solutions construits, un premier test de cohérence entre variables globales a été réalisé pour ne conserver que les couples de solutions cohérents :

$$\begin{cases} I_{L1}^{S.P.Source} = I_{L1}^{S.P.Charge1} \\ V_{Cs}^{S.P.Source} = V_{Cs}^{S.P.Charge1} \end{cases} \quad (13)$$

Parmi les solutions retenues, la solution optimale est celle où nous avons la masse totale du système la plus petite.

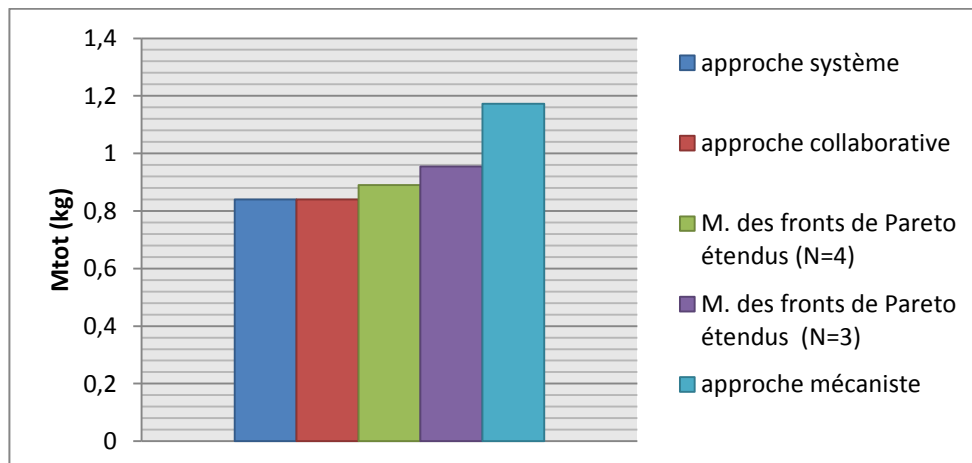


Figure 8 : Valeur de la fonction objectif selon l'approche

3.2.3 Résultats

La M.F.P.E. permet d'aboutir à une solution bien meilleure que celle obtenue par l'approche mécaniste classique. Cependant pour explorer finement l'espace des solutions une discrétisation des variables globales doit être menée. La pertinence de cette approche dépend donc de la nature du problème de conception. Pour des problèmes dont le nombre de variables globales est réduit avec une connaissance initiale des bornes de l'espace des solutions, cette méthode pourra s'avérer intéressante.

4. Compromis entre coût de la collaboration et le coût de génération de données

La conception des systèmes complexe est une problématique qui a été étudiée avec différentes approches. Les processus de conception industriels répondent quant à eux à d'autres contraintes en plus de la qualité de la solution trouvée. A travers les études que nous avons menées sur le même cas d'étude, on propose une comparaison de ces méthodes en termes de coût de la collaboration et de coût de génération de données.

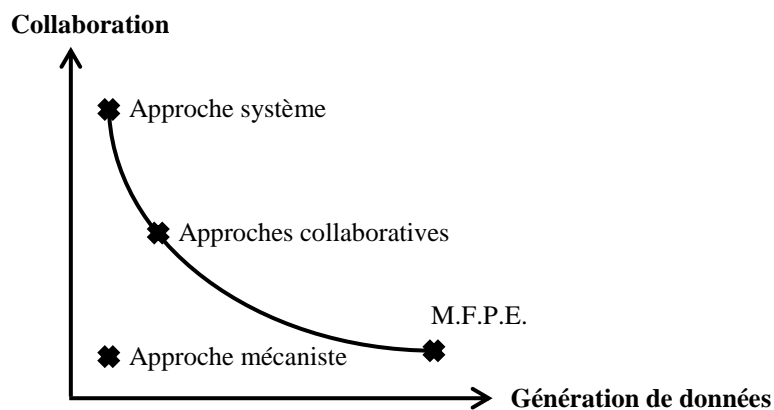


Figure 9 : Classifications des approches de conception par rapport aux coûts de collaboration et de génération de données

Le premier résultat à souligner est l'importance des couplages qui régissent le dimensionnement d'un système. Ignorer ces relations dans le processus de conception nous conduit vers une méthode mécaniste simple mais moins intéressante en termes de résultat de conception.

Il apparaît donc que la collaboration et la génération de données sont deux critères contradictoires si on considère les trois meilleures approches en termes de performance de la fonction objectif système. L'approche système permet en une seule optimisation de trouver une solution idéale. Cependant elle nécessite une collaboration totale, i.e. un échange de modèles et un seul niveau de décision pour les variables de conception (le niveau système). La méthode des fronts de Pareto étendus est en quelque sorte l'approche duale : avec les ressources de calcul nécessaires, elle permet un découplage total des processus de conception des sous-systèmes avec une prise de décision sur les paramètres de conception au niveau local.

Les approches collaboratives quant à elles représentent une piste sérieuse vers l'élaboration de stratégies performantes et réalistes qui tiennent compte des limites scientifiques concernant la formulation et la résolution de problèmes d'optimisation d'un côté, ainsi que des contraintes industrielles de confidentialité et de maîtrise des processus de conception au niveau des sous-traitants. Ce type de stratégie doit être amélioré en intégrant une information sur la fonction objectif système et c'est là qu'intervient la notion de stratégies multiniveaux. Nous travaillons actuellement à l'élaboration d'une stratégie collaborative qui intègre une optimisation au niveau système capable de trouver les valeurs des variables globales les plus à même de nous faire converger localement sur des solutions optimales.

5. Conclusion et perspectives

Les travaux résumés dans ce papier représentent le cadre général de la problématique de conception des systèmes complexes. En reprenant les approches classiquement utilisées nous avons pu quantifier la marge de progrès à faire ; cette marge est considérable lorsqu'on connaît les enjeux de réduction de masses et de pertes dans les réseaux aéronautiques.

De nouvelles approches ont été présentées puis testées et comparées sur un même cas d'étude. Ce travail de comparaison a permis de constater l'importance de la collaboration entre acteurs d'un même système. Une classification originale a pu être proposée pour donner aux concepteurs de systèmes une première évaluation des coûts de collaboration et de génération de données exigées par chaque approche.

La prochaine étape consiste à élaborer des stratégies robustes permettant de converger vers des conceptions optimales avec collaboration intelligente et une gestion rationnelle des données.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire G2ELab de Grenoble, le laboratoire LAPLACE de Toulouse et AIRBUS.

Références

- [1] J. Regnier, "Conception de systèmes hétérogènes en Génie Électrique par optimisation évolutionnaire multicritère", Thèse de Doctorat, INP Toulouse, 2003.
- [2] H. Nguyen Huu, "Méthodes et outils pour la conception de composants intégrés dans un réseau électrique embarqué", Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, 2008.
- [3] A. C. Berbecea, "Multi-level approaches for optimal system design in railway applications ", Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lille, 2012.
- [4] James Allison, Michael Kokkolaras, Marc Zawislak, Panos Y. Papalambros, "On the Use of Analytical Target Cascading and Collaborative Optimization for Complex System Design", 6th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization Rio de Janeiro, Brazil, 2005
- [5] F. Moussouni-Messad, "Méthodologie et algorithmes adaptés à l'optimisation multi-niveaux et multi-objectif de systèmes complexes", Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lille, 2009
- [6] Vesta-System, Cades Solutions, <<http://www.cades-solutions.com/cades/>>
- [7] W. Yong-hai, F. Qin-man, L. Chang-long, X. Cheng, " Research of Transmission Optimization Design Based on Collaborative Optimization", International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation 2008.
- [8] Kroo, I.; Altus, S.; Braun, R.; Gage, P.; and Sobieski, I.: "Multidisciplinary Optimization Methods for Aircraft Preliminary Design", AIAA 94-4325, Fifth AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization, September 7-9, Panama City, Florida, 1994
- [9] H. Nguyen-Huu, N. Retière, F. Wurtz, "A new approach for building the global Pareto border of an electromagnetic system by using the Pareto borders of each subcomponent of the system", IEEE-CEFC, Athens 2008.