

Mode d'emploi OPT_DA v3.3.3

Un logiciel de Yves Monmagnon

Par Guy Boussand

The screenshot displays the OPT_DA v3.3.3 software interface with the following sections:

- Specifications:** Freq (Hz) 25, Watts 30, Rp (Ohms) 40000, SE ☐. Primary: Z 6000, Ip 0, 424 Vrms, 4 sect. in series by 1 in //. Secondary: 6, 13.4 Vrms, 1 sect. in series by 3 in //. Wires in // per section 1.
- Copper (Cu):** Turns per Volt 5.19, Pri L (Hy) 315.2, Bobbin depth (mm) 13.5, Amp/mm² 3, Total Hcu (mm) 8.2. Dia (mm) 0.27. Computed Actual Turns Length(M) R Weight Hcu (mm) IL Thick. Turns per layer Max: 137 Actual: 110 0.56 Turns per layer Max: 71 Actual: 69 0. Cu losses (W@40°C) Tot: 5.8 AC only: 2.5 (8.3%) (0.4dB).
- Windings:** 551 / 5, 69 / 1, 551 / 5, 69 / 1, 551 / 5, 69 / 1, 551 / 5.
- Iron (Fe):** Name E196B, AFe (cm²) 13.1, mFe (Kg) 1.92, MPL (cm) 19.2, B DC (Tesla) 0, B AC (Tesla) 1.32, B Total 1.32, μ (Approx) 9518, Fe losses(W) 1, Gap (mm) 0. Core material list: H10 703, E142, E148, Q19x2 270, Q38 707, E154, E160, Q25x2 271, UI60, 2xUI60. Sort by Name, Sort by AFe, Edit highlighted, FA30, M6x, Std.
- Inter windings insulation:** Thickness (mm) Max allowed: 0.85, Actual 0.05, Dielectric K 5, Shunt Cap 8054 / 9864, Leak L: 19.2 mH, Fo 13 Khz, Q 35.04 12.
- Actual Primary Z vs Frequency:** Hz Sec Load Reflected Z. F lo (-3dB) 2.6 Hz, F hi (-3dB) 449 Khz, 31.2 μS.

Place to put remarks for this project

OPT_DA est un outil destiné à faciliter les nombreux calculs nécessaires à la conception d'un transformateur de sortie d'ampli à tubes. Ce n'est donc pas un logiciel magique qui va concevoir un transformateur tout seul.

Comme Yves le rappelle, c'est GIGO (Garbage In, Garbage Out) : si l'utilisateur fait les mauvais choix, le logiciel ne corrigera pas tout seul.

Néanmoins ma petite expérience me permet de dire que c'est quand même un outil d'aide à la conception fantastique. J'avais commencé un outil similaire sous Excel et j'étais loin d'avoir toutes les fonctionnalités que fournit OPT_DA que j'appelle toujours in petto « OPTcalc »...

1 Spécifications globales

La fenêtre verte en haut à gauche sert à renseigner les spécifications générales. Dans l'ordre :

- Fréquence min cible :
 - ex 25Hz
- Puissance cible :
 - ex 30W
- Résistance interne du (des) tubes de sortie.
 - Ex 40K pour 2 6L6 car la datasheet de la 6L6 indique 22K de « plate resistance » pour 1 tube.
- Case à cocher SE ou PP
- Impédance (Z) plaque à plaque du primaire
- Ip : Courant anodique prévu
- Nb de sections du primaire :
 - Commencer **par 2 en série et 1 en //** et choisir SPLIT (quand on choisit SPLIT le bouton affiche EQUAL. C'est ce qu'il faut dans un premier temps. (Voir plus loin le chapitre « Sectionnement »)
- Impédance de la charge (HP).
- Nb de sections du secondaire :
 - Commencer **par 2 sections avec 1 en //**

Avec ces infos, le logiciel affiche en bleu les tensions (Vrms) sur primaire et secondaire.

2 Spécifications Fer (fenêtre grise)

Choisir une taille de circuit fer dans la liste déroulante. Il est possible de trier la liste par nom alphabétique ou par surface de noyau (AFé). Un 3^e bouton affiche les caractéristiques détaillées du modèle sélectionné.

La majorité des affichages correspondent à des résultats sur le circuit fer. Un des plus

importants est l'induction en Tesla (B Total). Cette induction va résulter des spécifications définies dans les différentes fenêtres. Nous y reviendrons.

Une case de saisie permet de choisir la taille de l'entrefer dans le cas d'un SE.

3 Spécifications Cuivre (fenêtre orange)

- Choisir la densité de courant (A/mm²) que l'on souhaite. Les valeurs habituelles sont 2 ou 3 A/mm² max.

En fonction des spécifications générales et Fer, la fenêtre Cuivre donne les résultats de base que l'on pourra ensuite affiner :

- Calcul du nombre de spires /volt en haut à gauche

Pri L (Hy) 18.7



- Inductance du Primaire : C'est la « pédale d'accélérateur » du logiciel : en déplaçant le curseur on change l'inductance, qui aura une importance déterminante notamment pour le rendu des fréquences basses mais qui détermine aussi le nombre de tours, l'induction totale et.

C'est donc en jouant sur cette « pédale » que l'on choisit le point de fonctionnement. Pour l'induction, surveiller que l'on ne dépasse pas 1.4 Tesla pour de la tôle M6X ou 1 Tesla pour de la tôle standard. Si possible choisir une induction également répartie entre celle due à la composante continue et celle provoquée par le signal.

Dia (mm)	
Computed	Actual
0.31	.28

- En fonction de la densité de courant définie plus haut, le logiciel calcule les diamètres de fil, mais il est possible de « tricher » et de choisir les diamètres dont on dispose en stock.
- Le nombre de spires découle aussi de ce choix : vérifier que la hauteur de cuivre + isolants ne dépasse pas la hauteur de bobinage disponible. L'épaisseur de l'isolant entre couches (InterLayer) est saisie dans la case IL Thick(ness)
- L'isolation entre Primaire et Secondaire est spécifiée dans la fenêtre bleue « Inter windings insulation ». On peut y spécifier les épaisseurs et coefficient diélectriques du matériau choisi.

Bobbin depth (mm)	13
Total Hcu (mm)	8.8

4 Sectionnement

Si l'on a choisi 2 sections (et 1 en fil en //) pour Primaire et secondaire, on aura au centre une fenêtre du genre

Windings				
564 / 5	36 / 1	1128 / 9	36 / 1	564 / 5

En rose foncé les primaires, en saumon les secondaires. On voit que le Primaire commence par une demi-section avec 564 spires sur 5 couches, il continue (après une section secondaire) avec 1128 spires sur 9 couches, puis (après l'autre section secondaire) une autre demi-section de 564 spires sur 5 couches. Les 2 sections Primaires (de 1128 spires chacune) sont donc SPLITTEES en 3, les extérieurs ayant un nombre de tours/2. C'est ce qui offre le meilleur « sandwichage » (cf RDH4 chapitre 5 pour les courageux).

Si l'on appuie sur le bouton EQUAL, les 2 sections seront égales, ce qui donnera :

Windings				
1128 / 9	36 / 1	1128 / 9	36 / 1	

De la même façon, si l'on appuie sur le bouton SPLIT pour le secondaire, on aura les 2 sections du secondaire « éclatées » en 3 parties comme précédemment :

Windings				
18 / 1	1128 / 9	36 / 1	1128 / 9	18 / 1

Noter :

1. le bouton Split/Equal peut être trompeur : Quand on est en mode « SPLIT » il affiche EQUAL et inversement. Il indique l'opération qui sera faite si on clique et non l'état actuel.
2. Si on choisit une combinaison impossible à splitter, par exemple avec un nombre impair de sections Primaires, les boutons disparaissent :

Primary 6000 424 Vrms
3 sect. in serie by 1 in //

Secondary 6 13.4 Vrms
2 sect. in serie by 1 in //

Wires in // per section 1

Windings				
752 / 6	36 / 1	752 / 6	36 / 1	752 / 6

5 Résultats calculés

5.1 Mesures « mécaniques »

Le logiciel fournit toute une gamme de mesures « mécaniques » directement utilisables pour la réalisation du transformateur :

- Section Fer : Dimensions du noyau, Taille moyenne des spires, poids etc
- Section Cuivre : Nombre de spires, diamètres, Largeur de bobinage, Poids, Hauteur de cuivre etc

5.2 Mesures de grandeurs électriques

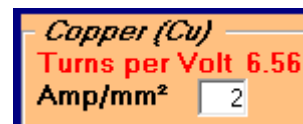
- Section Cuivre : Inductance primaire, Résistance ohmique, Pertes
- Section Inter Windings Insulation :
 - Capacités parasites
 - Inductance de fuite
 - Fréquence de résonance (F_0)
 - Facteur de Qualité (Q)
- Section Actual Primary Z
 - Impédance réfléchiée par la charge sur le primaire en fonction de la fréquence
 - Bande passante à -3dB
 - Délai en μs : temps de montée du signal à 1KHz

5.3 Recherche des valeurs pour d'autres conditions opérationnelles

Pratiquement toutes les valeurs calculées sont interdépendantes : en changeant la fréquence ou la puissance, les valeurs d'inductance (primaire et de fuite), les fréquences de coupure ou de résonance changent : L'inductance dépend de l'induction qui elle même dépend de la fréquence et de la tension par spire pour un noyau donné.

Or, on souhaite parfois faire calculer au logiciel l'inductance primaire dans des conditions de mesure spécifiques (tension, fréquence, puissance etc.). Un cas d'usage serait la réalisation d'un transformateur défini par OPT_DA. Après avoir bobiné le transfo, on souhaite mesurer et vérifier que l'on est « dans les clous »

- Pour cela on « bloque » le nombre de spires par volt en **cliquant sur le texte "Turns per Volt"** en haut à gauche de la fenêtre orange. Il doit passer en rouge.



- Si l'on mesure un transfo sous 50Hz, changer la fréquence pour 50 Hz, puis modifier la puissance pour que la tension primaire (indiquée à droite de l'impédance primaire) soit celle à laquelle on effectue la mesure.
- Relever l'inductance primaire théorique calculée. C'est celle que l'on doit mesurer sur l'exemplaire construit.

6 Bibliographie

Sur le sujet du bobinage de Transfos Audio, voici ma bibliothèque de référence personnelle.

Je dispose des versions électroniques de ces ouvrages et les partagerai volontiers avec qui me les demandera. On trouve aussi beaucoup de choses (dont le RDFH4) sur [Technical books online \(tubebooks.org\)](http://Technical books online (tubebooks.org))

1. A tout seigneur, tout honneur, le **RDH4 (Radiotron Designer Handbook, édition 4)**. Son chapitre 5 traite des Transformateurs. On n'a pas fait mieux depuis.
2. **Norman Crowhurst** a bien sûr son mot à dire, avec notamment les nos de Audio Engineering :
 - a. Novembre 1952: "Measuring up an audio transformer"
 - b. Janvier 1953: « Making the best of an Audio Transformer"
 - c. Février 1953 « Audio transformer design »
 - d. Mai 1956 : «Audio Transformers CAN be good",
 - e. Septembre 1956 : "Output transformer design"
 - f. Mars 1957 : "How an Output transformer causes distortion"
3. **Patrick Turner** a beaucoup de choses intéressantes <http://turneraudio.com.au/output-trans-pp-calc-1.html>
4. Plus récents, et parfois connotés « commerciaux », tout ce que vous trouverez émanant de **Lundahl** ou **de Van der Veen** vaut le coup d'être lu.
5. D'autres auteurs sont en réserve pour mes lectures futures
 - a. Shure (Rider)
 - b. Wolpert
 - c. Whitlock

