



UNIVERSITÉ FRANCOIS-RABELAIS de TOURS

Institut Universitaire de Technologie

Département GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Thierry LEQUEU

Etudes et Réalisations
ER-GE3 – ER-IS4 – ERGE

IUT GEII - 2^{ème} année - Année 2013 / 2014

2.4 Concernant le rapport du pré-projet

2.4.1 Notation du rapport

Le compte rendu de l'avant projet devra comporter les documents suivants (voir IUT-ER-eleves.DOC) :

- a) sommaire (automatique sous Word) ;
- b) le cahier des charges d'origine (voir disquette) ;
- c) l'étude de l'existant : il s'agit de faire une analyse critique des rapports précédents concernant :
 - la bibliographie (pertinence, est-elle complète ?...),
 - la mise en forme,
 - les calculs et l'analyse théorique
 - les résultats (le montage a-t-il fonctionné ?...) ;
- d) la recherche d'informations complémentaires (données brutes) :
 - 1) approfondissement des connaissances relatives au sujet : livres, cours, Techniques de l'Ingénieur...
 - 2) recherche des montages équivalents : revues électroniques...
 - 3) documentations des composants : notes d'applications, constructeurs, « data sheet »...
 - 4) moyens de recherche : Internet, CDI, contacts auprès d'autres personnes...
- e) la proposition de plusieurs solutions technologiques :
 - test électrique sommaire (pour valider la fonction),
 - étude de prix et de disponibilité,
 - étude de faisabilité en fonction des moyens de l'IUT (problème pour faire du CMS...) ;
- f) le choix de la solution à réaliser :
 - pourquoi ce choix,
 - ce qui reste à approfondir,
 - les connaissances manquantes pour parfaire la compréhension du montage ;
- g) la répartition du travail :
 - 1) des 4 semaines passées,
 - 2) des 18 – 3 semaines à passer sur le projet, avec la réalisation d'un prototype, essais et révision du prototype ;
- h) des annexes :
 - pour les documentations des composants,
 - les copies des articles de revues.

2.4.2 Ce qu'il faut dans un rapport

- une bonne présentation des paragraphes et de la mise en page, ainsi qu'un sommaire automatique, le tout dans un seul fichier Word disponible sur votre compte Novel, avec les fichiers pdf de la documentation des composants ;
- une bibliographie avec les documents que VOUS avez utilisés et les sites internet utiles (avec mes documents de cours, cela fait toujours plaisir) ;
- des synoptiques et des figures numérotés avec une légende ; idem pour les tableaux, mais la légende en haut du tableau ;
- les sources des documents (figures ou texte) que vous utilisez : il faut essayer de respecter la propriété intellectuelle des auteurs ;
- un tableau de choix des composants avec les raisons du choix et leurs prix ;
- un planning prévisionnel à compléter lorsque les actions sont terminées ;

2.5 Critères de choix des composants semi-conducteurs de puissance

2.5.1 Critère statique

Tableau 2.1. Composants semi-conducteurs de puissance.

Composant	Diode	Thyristor	Bipolaire	MOSFET	IGBT
Symbole					
Schéma équivalent					
E =	0,2 à 0,8 V	0,8 à 3 V	0,4 à 2 V	= 0	1 V à 5 V
R =	1 mΩ à 1 Ω	50 mΩ à 2 Ω	≈ 0	1 mΩ à 10 Ω	50 mΩ à 2 Ω

Les pertes statiques valent : $P_0 = R \cdot I_{EFF}^2 + E \cdot I_{MOY}$

2.5.2 Critère dynamique

Les temps de commutation doivent être très inférieurs à la période de découpage.

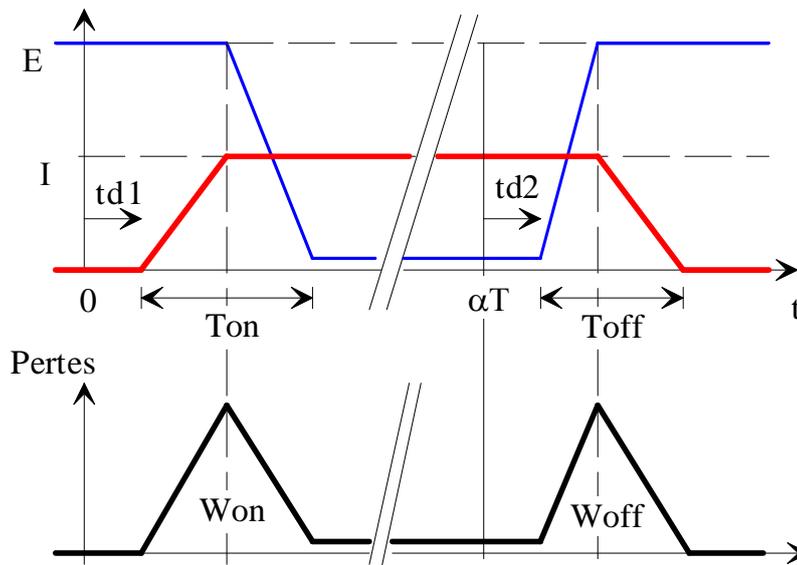


Figure 2.2. Pertes dynamiques simplifiées dans les composants (dessins\pertes0.drw).

Les énergies dissipées pendant les commutations valent : $W_{on} = \frac{1}{2} \cdot E \cdot I \cdot T_{on}$ et $W_{off} = \frac{1}{2} \cdot E \cdot I \cdot T_{off}$

Les pertes dynamiques valent : $P_D = (W_{on} + W_{off}) \times F_{découpage}$.

2.6 Critères de choix des composants passifs de puissance

2.6.1 Condensateur

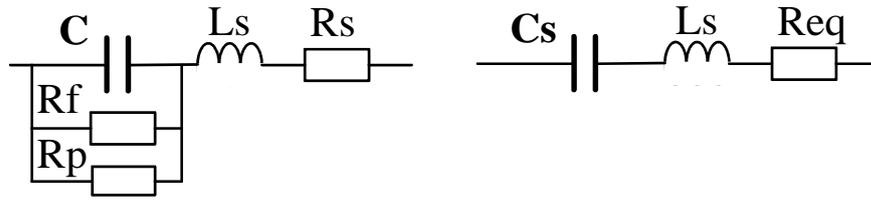


Figure 2.3. Schémas équivalents d'un condensateur (dessins\capa1.drw).

R_f est la résistance de fuite de l'isolant et R_p la résistance correspondante aux pertes diélectriques sous tension variable ([LIVRE122], page 260). On a les relations suivantes :

$$C_s = C \times \left[1 + \frac{1}{(RC\omega)^2} \right] \text{ et } ESR = R_s + \frac{R}{(RC\omega)^2} \text{ avec } R = \frac{R_f \cdot R_p}{R_f + R_p}$$

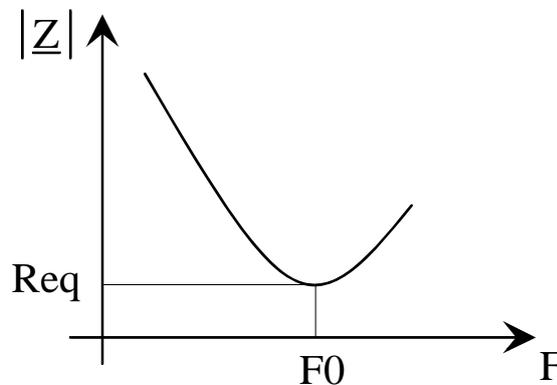


Figure 2.4. Variation de l'impédance en fonction de la fréquence (dessins\capa1.drw).

Les condensateurs utilisés pour le filtrage dans les alimentations à découpage sont caractérisés par la valeur de la Résistance Série Equivalente Re_q (ESR en anglais), donnée à une fréquence F (100 kHz).

Si $ESR \ll \frac{1}{8CF}$ alors $\Delta V_C \cong \frac{\Delta i_C}{8CF}$	Si $ESR \gg \frac{1}{8CF}$ alors $\Delta V_C \cong ESR \cdot \Delta i_C$
Si $ESR \cong \frac{1}{8CF}$ alors $\Delta V_C \cong \sqrt{\left(\frac{1}{8CF}\right)^2 + (ESR)^2} \cdot \Delta i_C$	

Pour réduire cette valeur de ESR, il faut mettre plusieurs condensateurs en parallèle.

Fabricant : Panasonic – Aluminum Electrolytic Capacitor – Série FC (distributeur Radiospares)

Et aussi SIC SAFCO, Roederstein, BC Components, Philips,...

[DIV238] T. LEQUEU, *Cours de Composants en Commutation - 2001/2002*, IUT GEII 2ème année, option EEP, notes de cours, juin 2001.

[LIVRE122] J.-P. FERRIEUX, F. FOREST, *Alimentations à découpage - Convertisseurs à résonance*, 3e édition revue et augmentée, 1999.

[SHEET495] [D3280], *Condensateurs utilisés en électronique de puissance*, G. MOURIES, Techniques de l'Ingénieur, décembre 1995.

[DATA205] Informations sur les *CONDENSATEURS* en l'Electronique de Puissance, mars 2002.

Chapitre 3 - Formation au logiciel Orcad version 9.x

3.1 Organisation

3.1.1 Durée

2 séances de 3 h 30 mn, formation sur le logiciel ORCAD version 9.x :

- 1) la semaine S43, le mercredi 2 novembre 2005 (retour des vacances de Toussaint) ;
- 2) la semaine S45, le mercredi 9 novembre 2005.

- 1) présentation de CAPTURE, saisie du schéma ;
- 2) présentation de LAYOUT, routage de la carte ;
- 3) saisie du schéma ;
- 4) saisie et routage ;
- 5) routage ;
- 6) réalisation du circuit imprimé ;
- 7) test de la carte ;
- 8) rédaction du rapport technique et de la conclusion.

3.1.2 Notation du travail

Le travail sera noté sur :

- l'autonomie sur le logiciel ORCAD ;
- la réalisation pratique d'un typon ;
- le rapport ;
- la conclusion personnalisée.

3.1.3 Contenu du rapport

Le compte rendu devra comporter les documents suivants :

3.1.4 A faire pour la présentation du logiciel Orcad version 9.x

Faire un cartouche IUT.

Faire des bibliothèques IUT, avec leurs contenues.

Montrer la création de symboles.

3.2 Présentation du logiciel Orcad version 9.x

3.2.1 Réalisation d'une carte - Introduction

Afin de réaliser le routage de la carte, il faut décrire le schéma du circuit du point de vue :

- des composants utilisés : nom des composants champ : **VALUE** ;
- des connexions entre les composants : **LINE** + champ **WIDTH** pour spécifier la largeur des pistes ;
- la nature de l'empreinte physique (pastilles) associé au composants : champ **PCB Footprint** ;

Tous ces paramètres sont stockés dans le fichier NETLIST : nom de fichier "**projet.MNL**". L'éditeur graphique **CAPTURE** permet la saisie du schéma à partir d'éléments disponibles dans différentes bibliothèques et la génération du fichier NETLIST.

Les différentes étapes de la réalisation du typon vont générer des fichiers de rapport, d'erreurs... Avant de commencer la saisie du schéma, il faut se définir un répertoire de travail sur le disque dur local de la machine : "**C:\Travail\projet**".

L'expérience montre qui est préférable de ne pas utiliser des noms de fichiers et de répertoires dépassant 8 lettres (il doit rester des applications DOS dans le logiciel).

En fin de journée, il faut penser à sauvegarder l'ensemble du projet sur son disque personnel ET sur deux disquettes.

3.2.2 Principales commande de CAPTURE

- 1) Création d'un nouveau projet
- 2) Le gestionnaire de projet
- 3) Saisie du schéma
 - 3.1) Taille du schéma / Cartouche
 - 3.2) Sauvegardes
- 4) Placement de composants
 - 4.1) Le nom de la librairie est connu et elle est chargée
 - 4.2) La librairie est chargée mais son nom est inconnu
 - 4.3) La librairie n'est pas chargée et son nom est connu
 - 4.4) La librairie n'est pas chargée et son nom est inconnu
 - 4.5) Le composant a déjà été utilisé
- 5) Modification de référence ou valeur de composants / Editeur de propriétés
- 6) Placement de liaisons
 - 6.1) Liaisons simples : fils
 - 6.2) Liaisons multiples : bus
 - 6.3) Identification des liaisons
- 7) Alimentations
- 8) Commentaires
- 9) Impression
- 10) Gestion des symboles de composants
 - 10.1) Modification du symbole d'un composant directement dans le schéma

- 10.2) Modification du symbole d'un composant dans une librairie
- 10.3) Copie de symboles du « Design Cache » dans une librairie
- 10.4) Création / Modification d'un symbole de composant

3.2.3 Préparation sous CAPTURE du routage de la carte

3.2.3.1 Les empreintes physiques

Une fois le schéma terminé et vérifier avec l'option "DRC", toujours dans CAPTURE, il faut affecter les empreintes physiques des composants. On les fera apparaître dans le schéma, ainsi que dans la liste du matériel "PROJET.BOM".

Pour la taille des pastilles, vois le fichier "PAD.LLB" (tableau 3.3).

Pour avoir une idée des différentes empreintes physiques disponibles, il faut ouvrir le module "LAYOUT PLUS → Tools → Library Manager". Dans la fenêtre "Libraries", il faut charger les librairies suivantes :

- "TL_TODO.LLB", pour les boîtiers TOxxx et Doxx ;
- "TL_RC.LLB", pour les résistances (RC04,...) et les condensateurs (CK06, RADIAL06...);
- "TL_CI.LLB", pour les boîtiers DIP des circuits intégrés (14DIP300,...);
- "TL_DIV.LLB", pour les composants divers (quartz, relais,...);
- "TL_CON.LLB", pour les connecteurs.

3.2.3.2 Affectation dans le schéma

Le nom de l'empreinte physique est reporté dans le champ "PCB Footprint". Pour accéder à ce champ, il faut sélectionner TOUT les composants avec "Edit → Select All", puis "Edit → Properties → Parts". Il faut s'assurer que le champ "PCB Footprint" est visible en sélectionnant la colonne "PCB Footprint → Display → Value Only". On peut alors remplir avec l'empreinte physique à partir de ce tableau, ou dans le schéma directement.

Pour faire apparaître le nom de l'empreinte dans la liste des composants, il faut ajouter dans le menu "Tools → Bill of Materials" dans le champ "Header" à la suite la séquence "\tEnpreinte" et dans le champ "Combined Property string", la séquence "\t{PCB Footprint}".

3.2.3.3 Création de la NETLIST

Il faut ensuite créer la liste des équipotentielles "NETLIST". Pour cela, il faut se placer dans la fenêtre de gestion du projet et sélectionner "PROJET.DSN → Tools → Create Nelist → Onglet Layout" avec les options

3.2.4 Bibliographie

- [LIVRE213] ALS Design, *OrCAD CAPTURE version 9.x - Saisie de schéma*, mars 1999, 72 pages.
- [LIVRE214] ALS Design, *OrCAD LAYOUT version 9.x - Placement / Routage*, mars 1999, 214 pages.
- Site Web <http://www.orcad.com>
- [DATA188] Académie de CAEN, Centre de Ressources, Génie Electrique.
- Site Web http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/crgelec/support_logiciel.htm.
- [DIV195] P. POISSON, *Réalisation d'un circuit imprimé - Projet Electronique Adaptation*, 1^o Année - Département GEII, octobre 2001.

3.3 Routage de la carte : LAYOUT

3.3.1 Création d'une nouvelle carte

Le fichier technologique défaut.TCH

Charger la netlist *.MNL

Sauvegarder la carte *.MAX

Associer les composants s'il manque des empreintes physiques.

Configurer : la grille de placement, de routage ; la largeur des pistes ; le nombre de faces autorisées pour le routage.

3.3.2 Taille des pistes

Le tableau des fils : Spreadsheet NET. MIN / CON / MAX

Tableau 3.2. La largeur des pistes.

	Millimètres :	En Mils :	Courant max. piste étamée 70 µm :
XXL	4,50 mm		10 A
Extra large	2,54 mm	100 mils	6 A
Large	1,00 mm	40 mils	
Moyenne	0,60 mm	25 mils	2 A
Etroite	0,40 mm	15 mils	

3.3.3 Taille des pastilles

Librairie : **PAD.LLB** – Dimmensions en mils : 100 mils = 2,54 mm = 0,1 inches.

Les pastilles sont de trois types : RONDE, CARRE et OVAL.

Le diamètre de perçage (Drill Size & Drill Weight) est de 20 mils.

Tableau 3.3. Dimensions des pastilles (orcad\modules.xls / PAD).

ROUND			RECTANGLE			SQUARE			OBLONG			Mils	mm
	Width	Height		Width	Height		Width	Height		Width	Height		
RONDE75	75	75	RECT75	65	75	CARRE75	75	75				75	1,905
RONDE80	80	80	RECT80	60	80	CARRE80	80	80				80	2,032
RONDE100	100	100	RECT100	50	100	CARRE100	100	100	OVAL100	50	100	100	2,540
RONDE110	110	110	RECT110	60	110	CARRE110	110	110	OVAL110	80	110	110	2,794
RONDE120	120	120	RECT120	80	120	CARRE120	120	120	OVAL120	80	120	120	3,048
RONDE150	150	150	RECT150	80	150	CARRE150	150	150	OVAL150	100	150	150	3,810
RONDE200	200	200	RECT200	150	200	CARRE200	200	200	OVAL200	120	200	200	5,080
RONDE400	400	400	RECT400	300	400	CARRE400	400	400	OVAL400	300	400	400	10,160

3.3.4 Principales commande de LAYOUT

- 1) AFFECTATION DES EMPREINTES SOUS CAPTURE.
- 2) LANCEMENT DE LAYOUT.
- 3) PARAMÈTRES DU FICHIER DE TECHNOLOGIE « thierry.tch ».
- 4) LES ICÔNES DE LAYOUT.
- 5) LES PRINCIPAUX TABLEAUX DE LAYOUT.
- 6) LES PRINCIPAUX RACCOURCIS À RETENIR.
- 7) DESSINER LE CONTOUR DU CIRCUIT IMPRIMÉ.
- 8) PLACER LES COMPOSANTS.
- 9) ROUTAGE MANUEL D'UN CIRCUIT.
- 10) ROUTAGE AUTOMATIQUE D'UN CIRCUIT.
- 11) PLACER DES PLANS DE MASSE.
- 12) PLACER DU TEXTE.
- 13) IMPRIMER LES DIFFÉRENTES FACES DU CIRCUIT IMPRIMÉ.
- 14) FLUX D'INFORMATIONS ENTRE ORCAD CAPTURE ET ORCAD LAYOUT.
- 15) CORRESPONDANCE ENTRE LES SYMBOLES DE CAPTURE ET LAYOUT.
- 16) CRÉATION D'EMPREINTES.

3.3.5 Bibliographie

[LIVRE214] ALS Design, *OrCAD LAYOUT version 9.x - Placement / Routage*, mars 1999, 214 pages.

Site Web <http://www.orcad.com>

[DATA188] Académie de CAEN, Centre de Ressources, Génie Electrique.

Site Web http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/crgelec/support_logiciel.htm.

[DIV195] P. POISSON, Réalisation d'un circuit imprimé - Projet Electronique Adaptation, 1^o Année - Département GEII, octobre 2001.

[REVUE113] Revue N° 242, Electronique Pratique, Décembre 1999.

[REVUE080] Technologie, N° 103, septembre–octobre 1999.

3.4 Notation du travail sur la formation ORCAD

Le travail sera noté sur :

- la présentation correcte du fonctionnement de la carte ;
- l'autonomie sur le logiciel ORCAD ;
- la qualité des documents ORCAD ;
- la réalisation pratique de la carte.

3.4.1 Contenu du rapport

Le compte rendu devra comporter les documents suivants :

- Une présentation de la fonction (synoptique, liste des entrées / sorties,...).
- Un descriptif du fonctionnement agrémenté de courbes et de calculs théoriques si nécessaire.
- Le calcul des composants et leurs choix technologique. Les dimensions donneront alors le type de l'empreinte physique correspondante.
- Une feuille avec le schéma complet sous CAPTURE (Orcad) avec le nom des empreinte physique visible !
- La liste des composants sous forme d'un tableau :

Tableau 3.4. Liste des composants

Item	Quantité	Référence	Désignation	Valeur	Puissance Tension	Technologie Fabricant	Empreinte physique

- Le prix des composants de la carte sous forme d'un tableau :

Tableau 3.5. Prix du montage

Quantité	Désignation	Fournisseur	Code commande	Page	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.

- Le dessin du circuit imprimé coté cuivre ;
- Le dessin du circuit imprimé cuivre coté composant ;
- L'implantation des composants.
- Les relevés nécessaires pour prouver que le circuit fonctionne bien !

3.4.2 Les annexes

La documentation succincte des principaux composants.

Un résumé des principales commande pour l'utilisation de :

- Orcad CAPTURE : création d'un projet, placement des composants, modification des symboles et des propriétés, vérification des erreurs, liste du matériels, NETLIST...
- Orcad LAYOUT : création d'une carte, placement des composants, définition de la carte, routage, impression...

3.5 Réalisation d'une carte électronique

3.5.1 Soudures

- souder les straps et/ou les traversées ;
- souder les diodes en boîtier DO35 ;
- souder les résistances horizontales ;
- souder des supports de CI coté cuivre et coté composants si double face ;
- souder les condensateurs de 100nF ;
- souder enfin le reste des composants en fonction de leurs hauteurs ;

3.5.2 Test en cours de montage

- souder l'alimentation redresseur + capacité + régulateur 15V : tester ;
- souder le régulateur variable LM317 : tester ;
- souder le MOSFET IRF520 : tester l'oscillateur $F > 33 \text{ kHz}$;
- souder les transformateurs d'impulsions.

3.6 Guide de travail sous ORCAD–CAPTURE

3.6.1 Un schéma électrique complet

- Référence (utilisez Annotate + Unconditionally Update) ;
- Valeur du composant ;
- Empreinte physique (visible) pour LAYOUT.

3.6.2 Les alimentations

- Symboles POWER :
- en TTL : VCC et GND ;
- en CMOS : VDD et VSS.

3.6.3 Les entrées et les sorties

- Des borniers pour les alimentations ;
- Des fiches pour les signaux d'entrée et les grandeurs de sorties.

3.6.4 Vérification des règles électriques

- Design Rules Check (DRC), avec pour options :
- Des marqueurs pour les erreurs ;
- Vérification des fils non connectés.

3.6.5 La liste du matériels

- Bill of Materials (BOM), entête en français + empreintes physique (champ PCB Footprint).

3.6.6 La NETLIST

- Pour LAYOUT (MNL) : options RUN ECO et Inches.

3.7 Guide de travail sous ORCAD–LAYOUT

3.7.1 Les bibliothèques d'empreintes physiques

- il faut charger la bibliothèque (TL_*.llb) et trouver le nom de l'empreinte.

3.7.2 Une nouvelle carte

- Fichier technologie *.TCH + *.MNL = *.MAX (carte).

3.7.3 Le placement des composants

3.7.4 Réglage de la largeur des pistes

- Tableau (Spreadsheet) Net : entre 15 et 100 mils.

3.7.5 Le bord de la carte et les dimensions

3.7.6 Le routage

3.7.7 La face documentation

- Pour avoir l'implantation et la valeur des composants lisible.

3.7.8 L'impressions des documents

- Circuit imprimé avec des trous (Keep Drill Holes Open) ;
- En noir et blanc.

ROUND				RECTANGLE				SQUARE				OBLONG				Mils	mm	mm	Mils
	Width	Height	Drill		Width	Height	Drill		Width	Height	Drill		Width	Height	Drill			0,6	24
RONDE75	75	75	31	RECT75	65	75	31	CARRE75	75	75	31					75	1,91	0,8	31
RONDE80	80	80	31	RECT80	60	80	31	CARRE80	80	80	31					80	2,03	1,0	39
RONDE100	100	100	39	RECT100	50	100	39	CARRE100	100	100	39	OVAL100	50	100	24	100	2,54	1,2	47
RONDE110	110	110	39	RECT110	60	110	39	CARRE110	110	110	39	OVAL110	80	110	31	110	2,79	1,5	59
RONDE120	120	120	47	RECT120	80	120	47	CARRE120	120	120	47	OVAL120	80	120	31	120	3,05	2,0	79
RONDE150	150	150	47	RECT150	80	150	47	CARRE150	150	150	47	OVAL150	100	150	39	150	3,81	2,5	98
RONDE200	200	200	59	RECT200	150	200	59	CARRE200	200	200	59	OVAL200	120	200	59	200	5,08	3,0	118
RONDE400	400	400	165	RECT400	300	400	165	CARRE400	400	400	165	OVAL400	300	400	165	400	10,16	3,2	126
																160	4,06	4,0	157
RONDE240	240	240	126	PL130	70	130	47									165	4,19	4,2	165
RONDE300	300	300	126	CON80	60	80	39									200	5,08	5,0	197
																236	5,99	6,0	236
Rondelle	M3	normale	Φ	exterieur	=	6,1 mm	=	240 mils								276	7,01	7,0	276
Rondelle	M4	normale	Φ	exterieur	=	7,6 mm	=	300 mils								300	7,62	8,0	315
																354	8,99	9,0	354
																394	10,01	10,0	394