



Pascal **Liégeois**

Construire

un

drone terrestre

avec une caméra embarquée

DUNOD

Conception de couverture: WIP Design

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2015

5 rue Laromiguière, 75005 Paris

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-074256-1

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

AVANT-PROPOS	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 • AVANT DE COMMENCER	3
Description du robot	3
Outillage requis, matériaux utilisés	5
Connaissances de base, soutien technique	5
Matériaux utilisés	5
Connaissances	6
Soutien technique	6
CHAPITRE 2 • RÉALISATION DE LA MÉCANIQUE	11
Réalisation du châssis	11
Choix de la motorisation	11
Usinage du châssis	12
Équerres de flasques	15
Réalisation des flasques pour moteurs	18
CHAPITRE 3 • RÉALISATION ÉLECTRONIQUE : DESCRIPTION DES SOUS-ENSEMBLES	33
Commande des moteurs de propulsion	34
Réflexions sur les méthodes de commande	34
Commande par relais (MOT)	35
Codage et décodage PPM	38
Modules HF utilisés	38
Codeur PPM	39
Voies tout ou rien avec réglages	41
Décodeur PPM	42
Conversion des signaux	43
Détection du sens d'action du joystick (SAJO)	43
Conversion des signaux (TOR)	46
CHAPITRE 4 • RÉALISATION DES CARTES ÉLECTRONIQUES	49
Réalisation du codeur et du décodeur PPM	50
Codeur 15 voies	50
Réalisation des cartes joystick	53
Réalisation de la carte décodeur	55
Test de l'ensemble codeur et décodeur	57

Réglage préliminaire	58
À propos des switches	60
Test liaison HF	60
Réalisation de la carte MOT	61
Test de la carte moteurs	63
Réalisation de la carte antiparasite	63
Réalisation de la carte SAJO	66
Test de la carte SAJO	67
Réalisation de la carte TOR	69
Test de la carte TOR	71
CHAPITRE 5 • MISE EN BOÎTE, CÂBLAGE GÉNÉRAL	73
Réalisation du boîtier de l'émetteur	75
Réalisation du boîtier robot	87
Usinage de la face avant du boîtier TP362	87
Usinage du boîtier	89
CHAPITRE 6 • VISION EMBARQUÉE	101
Choix de la caméra et mise en œuvre	101
Réalisation de la potence	102
Motorisation de la caméra	102
Mise en œuvre de l'émetteur AWM655TX	111
Mise en œuvre du récepteur AWM635R	114
Test de la liaison vidéo	117
CHAPITRE 7 • UTILISATION PRATIQUE	119
Réflexions sur le contrôle des appareils embarqués	122
Fonction panoramique pour caméra miniature	125
Applications ludiques	130
Compléments	131
Le décodeur 15 voies	131
Les platines d'extension pour le codeur et pour le décodeur	133
Le pilotage avec fil, le filoguidage	135
Utilisation d'un ensemble de radiocommande commercial	135
Et le son dans tout cela ?	136
CHAPITRE 8 • CONCLUSION	139
GLOSSAIRE	143
LIENS UTILES	145
BIBLIOGRAPHIE	147
INDEX	149

Afin d'aider le lecteur à la construction du drone terrestre, les plans et schémas sont téléchargeables gratuitement sur le site Dunod à l'adresse :

www.dunod.com/contenus-complementaires/9782100742561

Avant-propos

La technologie avance sans cesse et nous la subissons tous les jours, avec ou sans désagrément. Elle est incontournable et est rentrée dans notre quotidien. Le matériel hi-tech est présent partout, même chez nous.

Un bon exemple, ce sont les drones. Réservés jadis aux applications militaires et aux établissements de haute technologie, ils ont débarqué dans notre vie, sont devenus performants, peu chers et contrôlables par un simple téléphone mobile.

En parallèle, les robots ont aussi évolué, peut-être moins « spectaculairement » de prime abord (excepté peut-être pour les robots imitant le vivant), mais ne nous leurreront pas, la science-fiction des années 70 se joue maintenant.

Si l'on devait comparer un robot mobile et un drone (pour grand public), hormis le moyen de se déplacer, on pourrait noter deux points communs : le contrôle par l'humain et la vision embarquée.

J'ai donc trouvé naturel de vous proposer le robot décrit dans cet ouvrage. Il ne tombera pas de quelques mètres en cas de panne ou de batteries épuisées et vous réaliserez tout de A à Z avec des éléments du commerce et de l'huile de coude.

Ce fut une grande première pour moi d'utiliser des modules hautes fréquences (HF) du commerce et de découvrir les joies du « sans-fil ». Rassurez-vous, je n'ai pas écrit ce livre à la machine à écrire...

Je tiens à remercier les éditions Dunod avec qui je collabore depuis quelques années. Je remercie également ma femme Céline pour sa patience, mes enfants pour leur enthousiasme, mon père pour nos échanges techniques sur le sujet, M. Christophe Bourrier et M. Francis Thobois pour leurs partages des informations techniques disponibles sur leurs sites, Guillaume Tournabien pour son aide sur la partie PPM, Émeric Lasnier (et ses parents) pour le prêt de la caméra sport.

Introduction

Le drone-robot décrit dans cet ouvrage nécessitera de votre part la réalisation de pièces mécaniques et de circuits électroniques.

Sans être un spécialiste de ces deux disciplines, il faudra néanmoins bénéficier de connaissances minimales pour mener à bien ce projet.

Pour les plus jeunes, l'aide d'un adulte est fortement recommandée. L'utilisation de l'outillage doit être faite sous un contrôle permanent et bienveillant. Vous pourrez aussi puiser dans la bibliographie donnée à la fin de cet ouvrage pour parfaire vos connaissances.

Pour mener à bien la réalisation du drone-robot, j'ai imaginé la construction en plusieurs phases :

- ❑ la réalisation du châssis et de la carte de commande des moteurs qui correspondent à la partie mécanique (chapitre 2) ;
- ❑ la réalisation de la partie contrôle (émetteur et récepteur), soit la partie électronique (chapitres 3 et 4) ;
- ❑ la mise en œuvre de systèmes embarqués (transmission vidéo, contrôle d'un appareil multimédia) décrite aux chapitres 5 et 6.

De cette manière, vous pouvez vraiment dimensionner votre projet selon votre budget et vos besoins et même le destiner à une autre utilisation.

1 Avant de commencer

DESCRIPTION DU ROBOT

L'ensemble est constitué principalement :

- ❑ d'un émetteur de commande à distance, équipé de joysticks, de commutateurs et de potentiomètres, permettant de commander les déplacements et le contrôle des équipements embarqués, de systèmes HF pour l'émission des ordres de commande et la réception des images de bord et des antennes associées, et qui pourra être équipé d'un petit moniteur vidéo de contrôle ;
- ❑ du drone proprement dit, décomposé en un châssis avec motorisation, d'une électronique de commande des différents organes (motoréducteurs, servomoteurs), d'une caméra pour le pilotage hors vue, de systèmes HF pour la réception des ordres de commande et l'émission des images de bord avec les antennes associées.

L'émetteur sera alimenté par piles ou accumulateurs de type AA (LR6). Le boîtier de ce dernier sera réalisé par vos soins. Libre à vous de le personnaliser.

La partie mobile embarquera plusieurs sources d'alimentation : la batterie d'accumulateur pour la motorisation et les piles ou les accumulateurs de type AA (LR6) pour l'électronique de commande potentiellement scindée en deux parties : la partie réception contrôle et émission vidéo et les servomoteurs. Nous y reviendrons plus tard. Je recommande néanmoins l'utilisation d'accumulateurs rechargeables, c'est plus cher à l'achat mais plus économique à l'utilisation et aussi écologique.

À noter que, de par la technologie employée pour les signaux de commande, une version filo-guidable pourra être envisagée en cas d'utilisation dans un espace restreint...

Une petite charge utile pourra aussi être embarquée, par exemple un petit caméscope numérique, une caméra de type Go-Pro ou un appareil photo numérique (APN).

J'ai prévu sept voies proportionnelles (ou semi-proportionnelles) pour contrôler le robot :

- deux voies sont réservées pour la motricité (utilisation en tout ou rien) ;
- deux voies sont dédiées à la caméra de pilotage/contrôle ;
- trois voies semi-proportionnelles (destinées à des mouvements limités commutables).

Pour les modélistes équipés en système de radiocommande, vous pourrez utiliser votre système, il vous faudra au minimum une six-voies. Seule la liaison vidéo sera à réaliser en termes de liaison HF. Nous y reviendrons le moment voulu...

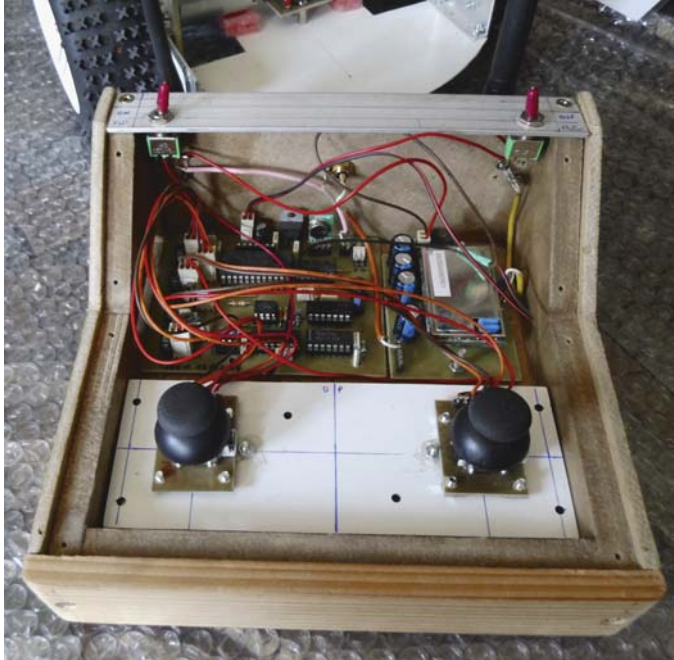


Figure 1.1 Aperçu de l'intérieur du boîtier émetteur

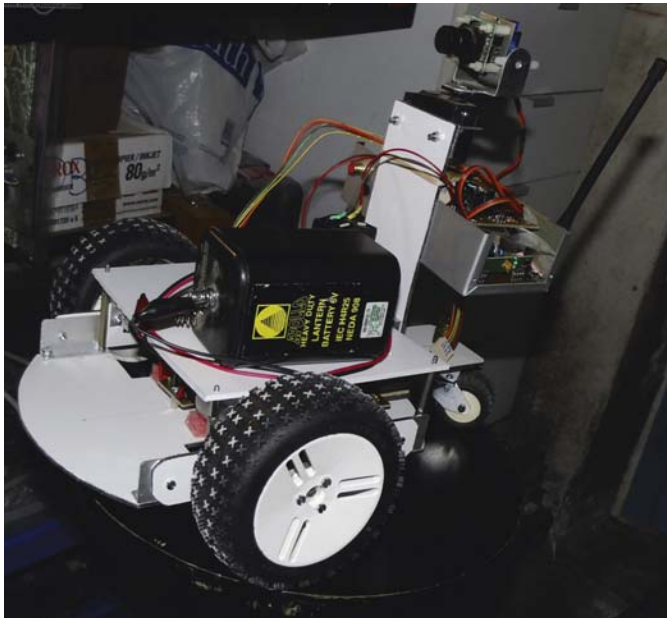


Figure 1.2 Vue du prototype en cours d'élaboration

OUTILLAGE REQUIS, MATÉRIAUX UTILISÉS

L'outillage nécessaire sera :

- pour la partie mécanique :
 - un établi ou une table de travail avec protections,
 - un jeu de pinces (coupantes, plates),
 - un jeu de tournevis (plat et cruciforme de diverses tailles),
 - un compas,
 - une scie à métaux,
 - un jeu de limes pour métaux,
 - un cutter de sécurité,
 - un réglet métallique de 50 cm,
 - une perceuse sans fil et un jeu de forêts à métaux,
 - un petit marteau, un pointeau ;
- pour la partie électronique :
 - un fer à souder 60 W (station avec fer à basse tension), de la soudure 0,5 ou 1 mm (rouleau de 250 g),
 - un petit multimètre digital,
 - une pince à dénuder pour électronique,
 - du fil de câblage, de la gaine thermo-rétractable (divers diamètres),
 - une mini-perceuse type Dremel® peut s'avérer nécessaire pour les travaux de précision et pour la partie électronique (il existe des coffrets à bas coût qui peuvent convenir).

Pour chaque étape, je préciserai l'outillage et les fournitures/composants nécessaires. Des gants et des lunettes de protection ne sont pas superflus.

Si vous avez accès à un petit atelier, un étau, une perceuse à colonne et une scie sauteuse vous seront très utiles.

Pour ce qui est des circuits imprimés, si vous n'êtes pas équipés et que vous ne voulez pas vous équiper, vous pourrez sous-traiter cette étape, je vous donne les informations dans la section « Liens utiles ».

Je vous engage à parcourir intégralement cet ouvrage, ou du moins un chapitre entier, pour connaître vos divers besoins et ainsi pourvoir acheter le matériel en une fois. Je détaillerai le type de visserie utilisée pour chaque étape.

En fin d'ouvrage, je vous listerai à titre indicatif les références de certains outillages afin de faciliter vos achats. Si vous avez un voisin ou un ami modéliste, c'est le moment de vous rapprocher de lui. (Pensez également aux *fab lab* qui pourront vous être très utiles.)

CONNAISSANCES DE BASE, SOUTIEN TECHNIQUE

Matériaux utilisés

Il est possible d'utiliser une multitude de matières pour réaliser les pièces mécaniques du châssis. J'ai une préférence pour l'aluminium ou les matériaux composites (polyéthylène

entre deux couches d'aluminium, type Dibond® utilisé pour les panneaux d'affichage, entre autres). Il est possible que ce matériau soit commercialisé sous d'autres noms...

Il vous faudra une plaque de 50 cm sur 50 cm pour réaliser votre robot, il restera de la matière à la fin, mais elle peut servir.

Récemment, il est apparu dans les magasins de bricolage des panneaux « fibre » composés de composites et de matière végétale (Xyltech®, marque Sedpa). Ces panneaux sont imputrescibles, s'usent comme du bois et respectent l'environnement. Renseignez-vous chez votre fournisseur habituel.

Connaissances

Pour la réalisation mécanique, vous devrez savoir utiliser l'outillage requis et vous faire aider le cas échéant. Si vous êtes en appartement mais que vous connaissez quelqu'un dans votre entourage qui possède un atelier ou un peu d'équipement (un modéliste par exemple), il ne faut pas hésiter à le solliciter.

Pour la réalisation des circuits électroniques, n'hésitez pas non plus à vous faire aider par quelqu'un qui peut vous apprendre à souder, à identifier les composants. Vous pouvez également consulter les nombreuses vidéos et pages sur le web qui vous donneront toutes les explications nécessaires.

Soutien technique

En fin d'ouvrage, vous trouverez mon adresse e-mail et les coordonnées d'un site pour faire réaliser vos circuits imprimés.

Vous pourrez me contacter pour tout problème rencontré lors de la réalisation du robot, mais aussi pour toute difficulté d'approvisionnement des matériaux et composants. Il est courant que certains revendeurs modifient leur catalogue régulièrement en fonction des ventes des produits et même que certains fabricants retirent des produits de leur catalogue, faute de ventes. Dans le cas inverse, de nouveaux produits apparaissent et peuvent être très intéressants...

Je tiens à préciser que je ne peux pas fournir de composant ni de matériau, mais je peux vous aider en cas de doute ou de difficulté.

De même, si certains d'entre vous ont des connaissances sur certains points à partager, je veux bien faire l'intermédiaire et poster des documents apportant des informations supplémentaires.

Le maître mot, c'est « si on a un doute, on demande un complément d'explication ».

La règle élémentaire est de lire complètement la section décrivant l'ensemble en cours de réalisation pour avoir une idée globale des fournitures nécessaires, de l'outillage à utiliser et une bonne vue d'ensemble de la tâche à réaliser... Quoi de plus rageant que d'être obligé de s'arrêter sur sa lancée par manque de matériel ou d'outillage. **Prenez votre temps.**

Composants électroniques


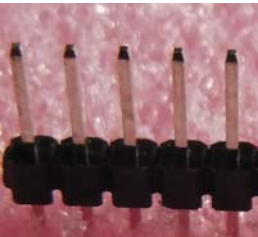
Nom Désignation	Photo	Nom Désignation	Photo
Ajustable monotour vertical : modèle avec broches en triangle.		Ajustable multitours vertical : existe avec broches alignées ou en triangle. J'ai prévu la double implantation	

En règle générale, je ne conseille pas d'acheter juste les composants pour tel ou tel circuit : n'hésitez pas à prendre des quantités plus importantes, le prix à l'unité baissera.

Connectique utilisée dans l'ouvrage

Pour réaliser ce projet, j'ai utilisé différents types de connecteurs, par choix ou imposition.

Vous trouverez des images de ceux-ci dans le tableau ci-après :

Nom Désignation	Photo	Nom Désignation	Photo
SMA (socle femelle) : utilisé en HF (antenne)		HE-14 mâle : permet de réaliser des systèmes enfichables avec la partie complémentaire femelle, de réaliser une fonction jumper ou un connecteur pour servomoteur.	 pas : 2.54