

État de l'art

Table des matières

Robots et stations ludiques.....	2
Stations vidéoludiques.....	3
Designs de robots.....	6
Modes de déplacement.....	8
Systèmes.....	8
Matériaux.....	13
Transmission de mouvement.....	16
Engrenages.....	16
Poulies-courroies.....	17
Accouplement rigide.....	18
Accouplement souple.....	19
Motorisation.....	21
Motoréducteur.....	21
Moteur.....	22
Programmation.....	23
Micro-contrôleurs.....	23
Micro-ordinateurs.....	24
BUS.....	24
Capteurs.....	26
Détection d'obstacles.....	26
Projection d'images.....	26
Auto-focus.....	26
Énergie.....	27
Batterie.....	27
Télécommande.....	29
Affichage.....	29
Émulateur de jeux.....	29
Détection d'objets.....	30
Bibliographie.....	31

État de l'art global

Robots et stations ludiques

Tipron, entreprise [1] :



- Écran
- Projection (réglage automatique)
- Audio
- Entrées HDMI, USB, sans fils
- Autonomie 4h

Glow, entreprise Amazon : [2]



- Portatif
- Visio, projection (comme TBI)
- Particuliers -> enfants

Keecker, entreprise Keecker: [3]



- Vidéoprojecteur, audio, caméra
- Commande vocale
- Particuliers

Pepper, entreprise SoftBank : [4]



- Robot humanoïde
- Reconnaissance faciale et émotionnelle
- Dialogue et écran tactile
- Entreprise et éducation -> accueil, information, orientation (guidage)
- Plateforme ouverte et programmable
- Visioconférence
- Roues omnidirectionnelles

Cruzr, entreprise UBTECH Robotics : [5]



- Robot humanoïde d'accueil
- Autonome et intelligent
- Roues omnidirectionnelles
- Robot d'entreprise
- Reconnaissance faciale et émotionnelle
- Visioconférence, discussion
- 8h d'utilisation continue

Stations vidéoludiques

Borne mélo : [6]



- Déplacement manuel avec basculement sur 2 roues
- Musique, karaoké, jeux...

Bornes multimédias : [7]



- Borne fixe
- Présentation, renseignements, questionnaires, jeux...

Bornes d'arcade : [8]



- Borne fixe
- Jeux, son

Juke box : [9]



- Borne fixe
- Musique

Robot aspirateur: [10]



- Déplacement autonome
- Détection d'obstacles

Robot tondeuse :



- Déplacement autonome
- Détection d'obstacles

Robot de défense armée : [11]



- Maars

Robot de transport de charges : [12]



- MiR250
- Autonome

Designs de robots

Robot domestique HSR-2.nv : [13]



- Chenilles
- Tête déportée
- Minimaliste
- Froid

Robot de compagnie Buddy : [14]



- Mignon
- Formes arrondies
- Roues

Parrot Jumping Sumo : [15]



- Roues
- Disproportion robot/roues
- Jouet
- Monstre

Robot de surveillance Running Brains : [16]



- Roues
- Tout terrain
- Explorateur

Robot de téléprésence SIFROBOT-4.2 : [17]



- Formes courbes
- Froid/professionnel -> domestique
- Roues quasi-dissimulées

R2D2 : [18]



- Pieds
- Cylindrique
- Impersonnel
- Mythique/célèbre

Robot GILOBABY: [19]



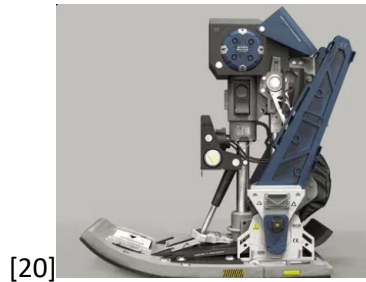
- Enfantin
- Jouet
- Chenilles
- Personnifié

Mécanique

Modes de déplacement

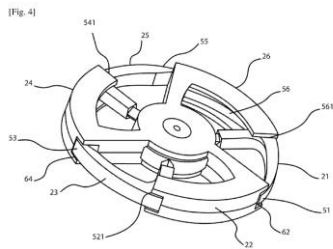
Systemes

Pieds



- Complexe
- Plus de mobilités
- Grande diversité de solutions
- Franchissement de marches

Roues



[24]



[25]



[26]



[27]



[28]

- Franchissement d'obstacles
- Mouvements fragiles
- Motorisation complexe
- Brevet FR3098147A1

- Simple à réaliser
- Pratique
- Franchissement marches
- Motorisation complexe

- Simple à réaliser
- Pratique
- Franchissement marches
- Motorisation complexe
- Plus de mobilités

- Facile à motoriser/piloter
- Onéreux
- Franchissement obstacles $< R_{roue}$
- Pas adapté à tous types de sol
- Déplacement multidirectionnel
- Déplacement omnidirectionnel si association

- Onéreux
- Franchissement obstacles $< R_{roue}$
- Pas adapté à tous types de sol
- Déplacement omnidirectionnel



[29]

- Simple
- Pratique en roue folle
- Adapté à tous types de sol



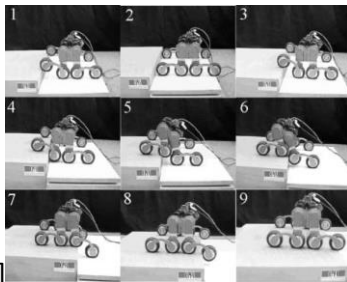
[30]

- Simple
- Pratique en roue folle
- Adapté à tous types de sol
- Encaisse les chocs



[31]

- Stable
- Robuste
- Complexe à piloter
- Franchissement de petits obstacles
- Ne roule pas sur l'herbe

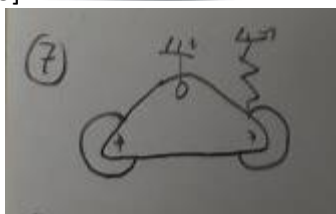


[32]

- Robuste
- Facile à intégrer
- Franchissement d'obstacles
- Roue folle



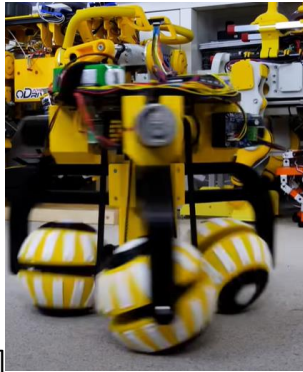
[33]



- Robuste
- Stable
- Unidirectionnel
- Roue folle

- Franchissement d'obstacles
- Stable
- Robuste
- Encaisse les chocs

Sphères



[34]



[35]



[36]

- Facile à piloter
- Complexe à concevoir
- Franchissement d'obstacles très faibles
- Tous types de sol
- Pas adapté aux charges importantes
- Trop stylée et cool et mimi !!!!!

Chenilles



[37]



[38]



[39]

- Robuste
- Stable
- Puissance d'entrée importante
- Tous types de sol

- Robuste
- Stable
- Puissance d'entrée importante
- Tous types de sol
- Franchissement d'obstacles

- Robuste
- Stable
- Puissance d'entrée importante
- Tous types de sol
- Franchissement d'obstacles
- Complexe à piloter

Utopiques et autres



[40]

- Multidirectionnel
- Franchissement d'obstacles importants
- Bruyant
- Peu stable pour la projection



[41]

- Multidirectionnel
- Franchissement d'obstacles
- Bruyant
- Énergivore
- Complexité d'intégration



[42]

- Coûteux
- Multidirectionnelle
- Franchissement d'obstacles importants



[43]

- Pas de pertes par frottement
- Franchissement d'obstacles
- Espace de déplacement réduit
- Complexe à piloter



[44]

- Unidirectionnel suivant le rail
- Pas de franchissement d'obstacles
- Robuste
- Stable



[45]

- Coûteux
- Espace de déplacement réduit

Matériaux

Roues

Caoutchouc naturel/synthétique



[46]

Polyamide



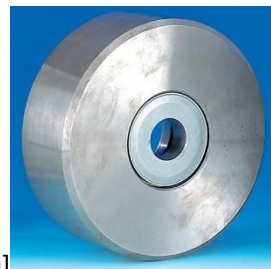
[47]

Fonte



[48]

Acier



[49]

Polyuréthane



[50]

Bois



[51]

Cuir



Fer



Gomme



Chenilles

Articulée



Travers d'acier



Souple



Élastomère + fils d'acier



[58]

[59]

Élastomère moulé



Transmission de mouvement

Engrenages



- Roue/pignon
- Facile à fabriquer
- Bruyant
- Pas de renvoi d'angle



- Pignon/couronne
- Facile à fabriquer
- Bruyant
- Pas de renvoi d'angle



- Denture hélicoïdale
- Atténuation des vibrations et du bruit
- Transmission d'efforts importante
- Fabrication complexe
- Onéreux



- Denture hélicoïdale à axes perpendiculaires
- Atténuation des vibrations et du bruit
- Transmission d'efforts importante
- Fabrication complexe
- Onéreux



- Chevrons
- Dentures hélicoïdales en miroir
- Pas d'effort axial
- Fabrication complexe
- Onéreux
- Transmission d'efforts importante



[62]

- Train épicycloïdal
- Bonne répartition des efforts
- Jeu faible



[60]

- Engrenages coniques
- Renvoi d'angle



- Roue et vis sans fin
- Rapport de réduction important
- Irréversible -> sécurité



[60]

- Pignon crémaillère
- Pas de glissement
- Transmission couple importante
- Longueur de déplacement limitée

[60]

Poulies-courroies



[63]

- Courroie trapézoïdale
- Transmission de puissance élevée
- Bonne combinaison traction, vitesse, charge
- Rendement 95%



[64]

- Courroie lisse
- Puissance élevée pour vitesse de rotation élevée
- Grand entraxe possible
- Tension de maintien élevée
- Rendement 98%



[65]

- Courroie à denture droite
- Évite le déphasage
- Transmission de couples importants
- Basse vitesse possible



[66]

- Courroie ronde
- Glissement important
- Faible transmission de puissance



[67]

Accouplement rigide

- Courroie striée dans la longueur
- Répartition homogène de la tension
- Grande gamme de puissance
- Transmission silencieuse



[68]

- Joint d'Oldham
- Robuste
- Sans jeu
- Longueur réduite



[69]

- À membrane
- Sans jeu
- En plusieurs parties
- Rigidité en torsion importante



[70]

- À chaînes
- Désaccouplement des arbres instantané



[71]

- À engrenages
- Couples élevés
- Usage intensif
- Haute performance



[72]

Accouplement souple

- Rigide
- Couples élevés
- Faible coût
- Réusinage des trous



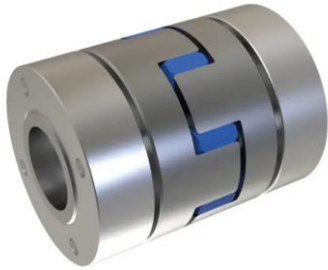
[73]

- Grande élasticité
- Compact
- Flexible en torsion
- Correction des désalignements
- Couples importants



[74]

- Liaison élastomère
- Protection contre les vibrations axiales



[75]

- Double articulation
- Compensation du désalignement radial, angulaire et axial
- Montage et maintenance faciles



[76]

- À rubans
- Haute performance
- Couple important
- Réduction bruit et vibrations



[77]

- À pneu
- Couple important
- Installation facile



[78]

- Flexible en torsion
- Compact
- Démontable
- Compensateur



[79]

- À soufflet
- Pas de jeu
- Haute flexibilité
- Décalage angulaire

Motorisation

Motoréducteur



- Motoréducteur AC
- Couple sortie important
- Grande précision

[80]



- Motoréducteur CC
- Pas d'entretien
- Couple important

[81]



- Motoréducteur hydraulique
- Couple très élevé
- Rapport de transmission très important

[82]



- Trains d'engrenages
- Peu coûteux
- Puissances modérées

[83]



- Vis sans fin
- Irréversibilité
- Rapport de transmission important

[84]

Moteur

Asynchrone	<ul style="list-style-type: none"> - Peu encombrant - Charges et couples importants - Rendement 98%
Synchrone	<ul style="list-style-type: none"> - Peu encombrant - Pas de glissement - Rendement 95%
Servomoteur	<ul style="list-style-type: none"> - Peu encombrant - Facile à piloter - Faibles couples
Courant continu	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité de mise en fonctionnement - Usure - Bruit - Facilité de commande - Couples importants - Faible coût
Brushless	<ul style="list-style-type: none"> - Grande vitesse - Couple faible - Commande complexe - Cher - Grande durée de vie
Moteur à explosion	<ul style="list-style-type: none"> - Bruyant - Volumineux - Rendement faible - Évacuation des gaz - Combustible

Électronique

Programmation

Micro-contrôleurs

	Prix	Fréquence	Tension entrée	Nb E/S	IO PWM /digital	EEPROM (KB)	SRAM (KB)	Flash (KB)	UART	BUS	Langage prog
Arduino Due [85]	42€	84MHz	7-12V	12/2	12/54	0	96	512	4	1 CAN, 1 I2C, 1 SPI	C/C+
Arduino Leonardo [86]	20€	16MHz	7-12V	12/0	7/20	1	2,5	32	1	1 I2C, 1 SPI	C/C+
Arduino Mega 2560 R3 [87]	42€	16MHz	7-12V	16/0	15/54	4	8	256	3	1 I2C, 1 SPI	C/C+
Arduino Nano 33 IoT [88]	25€	48MHz		8/1	11/14	0	32	256	1	1 I2C, 1 SPI	C/C+
Arduino Portenta H7 [89]	90€			7/?	?/15		8-64	2-128	1	1 I2C*, 1 SPI*	C/C+/Python /Javascript
Arduino UNO R3 [90]	24€	16MHz	7-12V	6/0	6/14	1	2	32	1	1 I2C, 1 SPI	C/C+
Arduino Zero [91]	38€	48MHz		6/1	10/20	0	32	256	2	1 I2C, 1 SPI	C/C+
NodeMCU ESP32 [92]	15,45€	240MHz	3,3V	15/2	10/15		512	4000	3	I2C, SPI	C/C+
NodeMCU ESP8266 [93]	12,30€	80MHz	5-9V	0/0	10/10		64	96	3	I2C, SPI	C/C+
Raspberry PI Pico [94]	5,45€	133MHz	1,8-5,5V	3/0	16/26		264	2000	2	2 I2C, 2 SPI	C/C+/Python
Teensy 2.0 [95]	30€	16MHz	3,3V	12/?	7/?	1	2,56	32	1	1 I2C, 1 SPI	C/C+
Teensy 3.2 [96]	30€	72MHz	3,3V	21/1	12/34	2	64	256	1	2 I2C, 1 SPI, 1CAN	C/C+
Teensy 4.0 [97]	40€	600MHz	3,3V	14/14	31/31	2048	1024	1000		3 CAN, 2 I2C 3 SPI 7 serie	C/C+

Micro-ordinateurs

	Prix	Fréquence	RAM	UART	BUS
Raspberry 4 [98]	100€	1,4 GHz	1 GB	4	40 GPIO
BeagleBone Black [99]	55€	1 GHz	512 MB		
BeagleBone AI 64 [100]	170€	2 GHz	4 GB		
Tinker Board 2S [101]	125€	1,5/2 GHz	2/4 GB	2	2SPI, 2 I2C

BUS

I2C	<ul style="list-style-type: none"> - Communication maître-esclaves half (2 fils : SCL et SDA) - 5 vitesses de transmission : <ul style="list-style-type: none"> - Standard mode => 100 kbit/s - Fast mode => 400 kbit/s - Fast plus mode => 1 Mbit/s - High-speed mode => 3,4 Mbit/s - Ultra-fast mode => 5 Mbit/s - 1 maître, adressage sur 7 ou 10 bits
CAN	<ul style="list-style-type: none"> - Série bidirectionnelle half-duplex - Utilisation possible de simplex - Communication entre tous les éléments nœud - Basse vitesse -> Nombre de nœuds limité à 20 - Haute vitesse -> Nombre de nœuds limité à 30

SPI

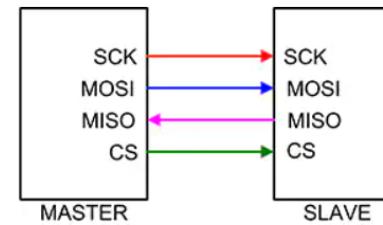


Figure 1 : La connexion SPI basique en duplex intégral utilise deux lignes de données (MOSI, MISO), une ligne d'horloge (SCK) et une ligne de sélection de puce (CS). La ligne MOSI d'un esclave est parfois appelée données esclaves entrantes (SDI). La ligne MISO peut être appelée données esclaves sortantes (SDO). (Source de l'image : Digi-Key Electronics)

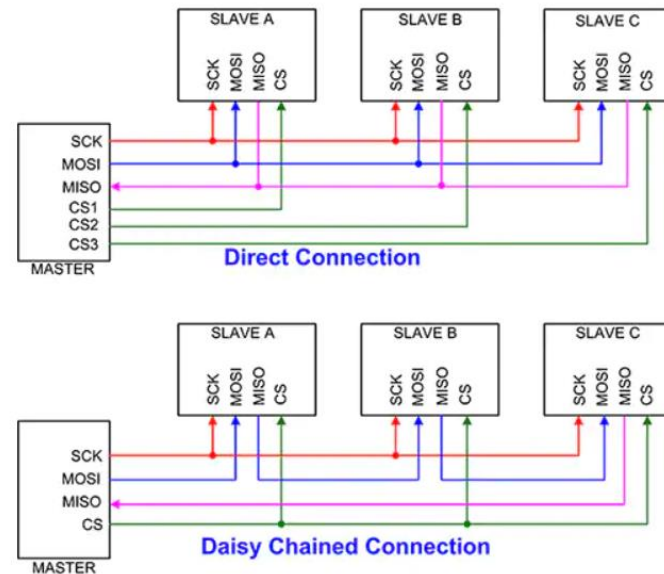


Figure 2 : Deux configurations pour gérer un interfaçage multi-esclave. La connexion directe nécessite une sélection de puce pour chaque esclave. La connexion en chaîne utilise une sélection de puce unique et combine toutes les données dans une seule ligne. (Source de l'image : Digi-Key Electronics)

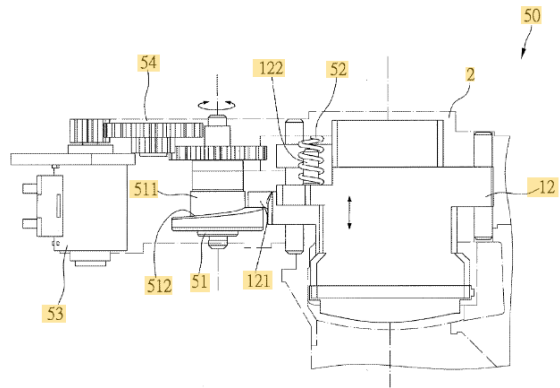
Capteurs

Détection d'obstacles

Projection d'images

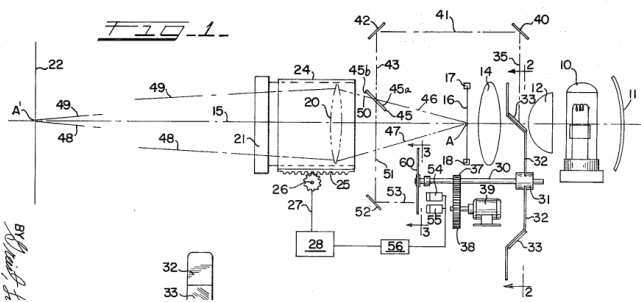
Auto-focus

1^{er} système



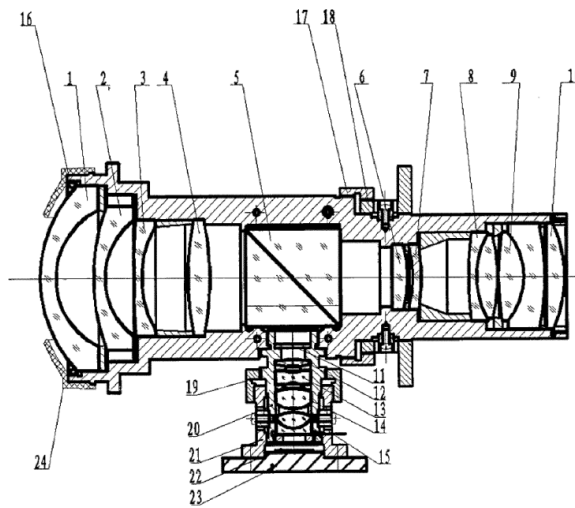
[102]

2^{ème} système



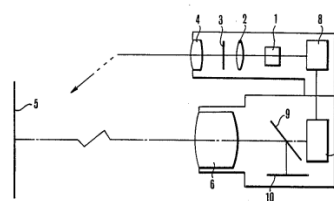
[103]

3^{ème} système



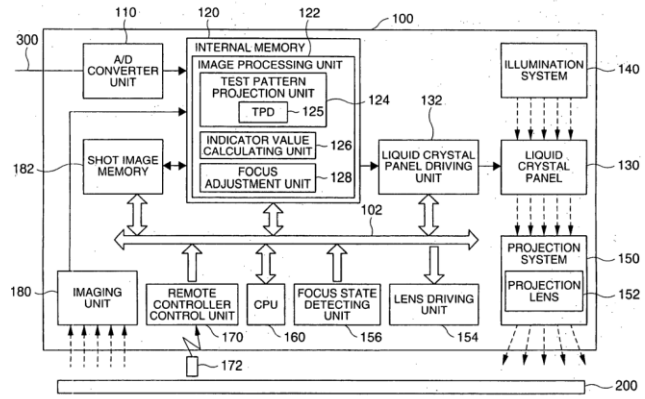
[104]

4^{ème} système



[105]

5^{ème} système



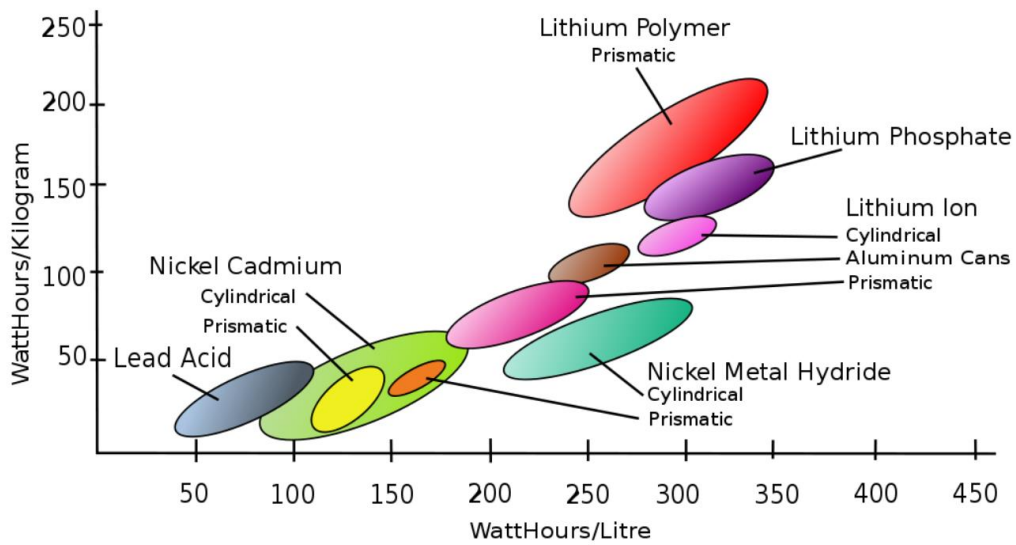
[106]

FIG. 1

Énergie

Batterie

[107]



[108]

Tableau indicatif de certains paramètres selon les types de batteries

Types de batteries Paramètres	Li-Ion	Li-Po	NiMH	Pb
Rapport taille/poids/énergie	Le meilleur	Très bon	Bon	Le moins bon
Rapport prix/énergie	Le plus cher	Cher	Intéressant	Le moins cher
Courant de décharge max	Limité, variable	Important	Moyen, variable	Important
Stabilité de la tension	Stable	Stable	Moyen	Peu stable
Milieu confiné lors de la décharge/recharge	OK	OK	OK	Dangereux
Volume variable, dégagement de chaleur ou de gaz	Chaleur	Volume variable et chaleur	Chaleur	Chaleur et gaz
Sensibilité aux variations de température	Importante	Moyenne	Moyenne	Peu sensible
Résistance à l'écrasement et aux chocs	Explosion / incendie immédiats	Explosion / incendie immédiats	Risque d'incendie si très excessif	Risque d'incendie si très excessif
Résistance aux surcharges ou décharges trop profondes	Très mauvaise (mais couramment fourni avec protection)	Mauvaise (mais à relativiser vu les courants supportés)	Limitée	Bonne résistance
Circuit de protection nécessaire	Indispensable	Fortement recommandé	Variable	Variable
Circuit de charge contrôlée nécessaire	Indispensable	Indispensable	Fortement recommandé	Variable
Simplicité d'utilisation et robustesse générale	Complexe, circuits de protection et charge requis, mais simple au final car elles sont toujours livrées avec ces circuits	Moyenne, mais des checkers (surveillance de la tension avec alarme) sont facilement utilisables	Intéressant	Le plus simple et le plus robuste

Pile alcaline



[109]

- Non rechargeable 1.5 à 9V
- Peu couteuse
- Facile à mettre en place

Batteries nickel-hydrure métallique (Ni-MH)



[110]

[111]

- Rechargeable
- Tension nominal une cellule 1.2V
- 600 à 3300 mAh
- Un peu plus chère
- Dure dans temps

Batteries plomb-acide/SLA



- Moins chère
- Capacité élevée
- Dure très bien dans le temps
- Lourd
- Encombrant
- Rechargeable

Batteries lithium-ion (LI-Ion)



[112]

- Rechargeable
- Capacité de 3.7V
- Grande capacité
- Légère
- Plus chère

Batteries lithium polymère (Li-Po)



[113]

- rechargeable
- Le plus populaire pour robot
- Légèreté
- Taux de décharge élevé
- Capacité assez bonne
- Tension dispo par incrément de 3.7V

Télécommande

Manette de PS4



[114]

Lien d'installation :
[cliquer ici](#)

Manette de Xbox one



[115]

[Comment connecter une manette Xbox One à Raspberry Pi - Moyens I/O](#)

Affichage

Émulateur de jeux

Recalbox	<ul style="list-style-type: none">- Interface intuitive- Inclus Kodi Media Player- Préchargé avec des jeux- Fonctionne sur toutes les Raspberry (préférence pour Raspberry PI 3/4)	https://wiki.recalbox.com/
RetroPie	<ul style="list-style-type: none">- Installation manuelle sur Raspbian possible- Installation sur Ubuntu et Debian- Fonctionne sur toutes les Raspberry (préférence pour Raspberry PI 4)	https://retropie.org.uk/docs/

	<ul style="list-style-type: none"> - Inclus Kodi Media Player 	
Lakka	<ul style="list-style-type: none"> - Programme moins lourd - Configuration manettes simple - Interface moderne - Jeux en ligne possible 	https://www.lakka.tv/doc/Home/
Batocera	<ul style="list-style-type: none"> - Similaire à Recalbox mais meilleures performances 	https://batocera.org/

Détection d'objets

Capteur ultrason/télémètre



[116]

Capteur thermique



[117]

Radar de recul voiture : radar ultrasonique



[118]

Bibliographie

- [1 Cerevo, «Tipron,» [En ligne]. Available: <https://tipron.cerevo.com/en/>.
]
- [2 A. Gautherie, «Amazon présente le Glow, une station de video-call ludique et interactive pour les enfants,» 29 septembre 2021. [En ligne]. Available: <https://www.journaldugeek.com/2021/09/29/amazon-presente-le-glow-une-station-de-video-call-ludique-et-interactive-pour-les-enfants/>.
- [3 J.-P. Labro, «Test Keecker : le petit robot qui vous veut du bien, fait du son et de la vidéoprojection,» 13 mars 2019. [En ligne]. Available: <https://www.on-mag.fr/index.php/video-hd/tests-bancs-essai/19234-test-keecker-le-petit-robot-qui-vous-veut-du-bien-vous-suit-partout-dans-la-maison-fait-du-son-et-de-la-vidéoprojection>.
- [4 J. Raynal, «En Europe, 300 entreprises ont adopté le robot Pepper,» 03 Mai 2017. [En ligne].
]
- [5 Cruzr, «Robot Cruzr,» [En ligne]. Available: <https://www.generationrobots.com/fr/403434-robot-cruzr.html>.
- [6 «Borne Mélo,» [En ligne]. Available: <http://www.11plus.fr/page-introduction.html>.
]
- [7 ALKEV, «La Borne Multimédia, groupe ALKEV,» [En ligne]. Available: https://borne-multimedia.fr/?gclid=Cj0KCQjw1vSZBhDuARIsAKZlijTJub77eytrRknUkgwIHP4Lv0Mz9r7RUQa09S4JEzMROHzLG87xu-waAgNKEALw_wcB.
- [8 J. D. (ZapWizard), «Borne d'arcade,» 13 Août 2005. [En ligne]. Available: <https://www.flickr.com/photos/zapwizard/34102189/>.
- [9 J. B. Arnaud, «Juke-box,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Juke-box>.
]
- [1 Darty, «Aspirateur robot,» [En ligne]. Available:
0] https://www.darty.com/nav/achat/petit_electromenager/autres_aspirateurs_nettoyeurs/aspirateur_robot/index.html.
- [1 Qinetiq, [En ligne]. Available: [https://www.qinetiq.com/en-us/capabilities/robotics-and-1\] autonomy/maars-weaponized-robot](https://www.qinetiq.com/en-us/capabilities/robotics-and-1] autonomy/maars-weaponized-robot).
- [1 «MIR,» [En ligne]. Available:
2] <https://cdn.kyklo.co/assets/W1siZiIsIjIwMTkvMTAvMTYvMTgVNTkvMjAvYTY3MWIxZGUtOGE0ZS00ZDYxLTljZjgtMzQ3MWNjOWE0NTcyL01pUiUyMCOlMjBNaVI1MDAIMjAtJTlwVXNlciUyMGd1aWRlLnBkZiJdXQ?sha=0b4676480b58aa1c>.
- [1 Daxed Store, «Robot domestique de surveillance vidéo,» [En ligne]. Available:
3] <https://www.fnac.com/mp31702935/Robot-de-surveillance-video-HD-domestique-HSR-2-nv/w-4>.

- [1 Buddy, «Robot de compagnie Buddy,» [En ligne]. Available:
4] <https://buddytherobot.com/fr/buddy-pro-fr/>.
- [1 Jumping Sumo, «Parrot Jumping Sumo,» [En ligne]. Available:
5] <https://www.01net.com/tests/parrot-jumping-sumo-fiche-technique-24357.html>.
- [1 Running Brains, «Running Brains lance son robot-vigil,» 19 novembre 2021. [En ligne]. Available:
6] <https://www.planeterobots.com/2021/11/19/running-brains/>.
- [1 SIFSOFF, «Conception humanoïde de robot de téléprésence professionnelle SIFROBOT-4.2,» [En
7] ligne]. Available: <https://fr.sifsof.com/product/professional-telepresence-robot-humanoid-design-sifrobot-4-2/>.
- [1 K. DelValle, «R2D2,» 23 mai 2007. [En ligne]. Available:
8] <https://www.flickr.com/photos/starwarsblog/511209971/>.
- [1 GILOBABY, «GILOBABY Robot Telecommandé Enfant,» [En ligne]. Available:
9] <https://www.amazon.fr/GILOBABY-Enfant%EF%BC%8CJouet-Voiture-T%C3%A9l%C3%A9command%C3%A9-%EF%BC%88Rouge%EF%BC%89/dp/B07XRF35QS/>.
- [2 H. I. Shyne, «Robotic foot,» 2015. [En ligne]. Available:
0] <https://www.artstation.com/artwork/Ba92l>.
- [2 T. Hunter, «boston-dynamics-spot-robot,» 25 09 2019. [En ligne]. Available:
1] <https://www.builtinboston.com/2019/09/25/boston-dynamics-spot-robot>.
- [2 HEXA. [En ligne]. Available: <https://www.qwant.com/?client=ext-chrome-sb&q=robot+araign%C3%A9e&t=images&o=0%3A1A9F14C09967C9F4F2C48FC41C7288B04F5FB81>.
- [2 I. d. s. Etienne, «Concours National "Robots Marcheurs",» 2019. [En ligne]. Available:
3] <https://www.youtube.com/watch?v=qyIFMBHHY9I>.
- [2 M. Lauria, «Franchissement-totalement-autonome-dune-marche-de-la-taille-dune-roue,» 01
4] 2003. [En ligne]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Franchissement-totalement-autonome-dune-marche-de-la-taille-dune-roue_fig38_37413562.
- [2 R. Chariot, «Roue Portable Panier Achat Chariot de Course Monte Escalier Shopping Transport,»
5] [En ligne]. Available: <https://www.cdiseout.com/bagages/bagages/tempsa-6-roue-portable-panier-achat-chariot-de-cou/f-1432213-tem6112235191195.html>.
- [2 R. m. wheel, «Rotacaster multidirectional wheel,» 2020. [En ligne]. Available:
6] <https://www.qwant.com/?client=ext-chrome-sb&q=roue+multidirectionnelle&t=images&o=0%3AC279F3ABBF6AC568514549ABB1EF327349D4753B>.
- [2 Lesics, «L'ingénierie brillante des roues Mecanum !,» 03 2022. [En ligne]. Available:
7] <https://www.youtube.com/watch?v=SeQ5yuAqPI0>.

- [2 Roue-multidirectionnelle, «roue multidirectionnelle,» [En ligne]. Available:
8] <https://www.qwant.com/?client=ext-chrome-sb&q=roue+multidirectionnelle&t=images&o=0%3A2C7878C716F3A6E2875A2C0C1608D835BEFCD6CC>.
- [2 Roue-de-chariot, «ROUE DE CHARIOT AZURDI Ref 543008 543009 Ø 150 EXTERIEUR l'unité,» [En
9] ligne]. Available: <https://www.snal-hygiene.com/les-chariots-de-lavage-menage/276-roue-de-chariot-ref-543008-543009-diam-150-exterieur-lunite.html>.
- [3 Roue-universelle-amortisseur, «Roue universelle Amortisseur,» [En ligne]. Available:
0] <https://www.amazon.fr/Roue-universelle-Amortisseur-100mm125mm-%C3%A9quipement/dp/B07VTXHSZ>.
- [3 Hoverboard, «HOVERBOARD,» [En ligne]. Available: <https://www.weebot.com/products/hoverboard-e-boutique-paris-classic-gold>.
- [3 M. Lauria, «Franchissement-totalement-autonome-dune-marche-de-la-taille-dune-roue,» [En
2] ligne]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Franchissement-totalement-autonome-dune-marche-de-la-taille-dune-roue_fig38_37413562.
- [3 Galets-de-transpalettes, «Galets de transpalettes,» [En ligne]. Available: <https://www.wickefrance.com/fr/produits/13/galets-de-transpalettes>.
- [3 Omni-Directional-Tank, «Will this Omni-Directional Tank Work,» [En ligne]. Available:
4] <https://www.youtube.com/watch?v=LqetZP7QTN8>.
- [3 R. G. A. R. Vincent Clerc, «wordpress,» 03 2014. [En ligne]. Available:
5] https://projetromeo.files.wordpress.com/2016/07/l1-4-1_roues.pdf.
- [3 Spherical-tires, «Goodyear SPHERICAL TIRES for Futuristic Car Prototype,» [En ligne]. Available:
6] <https://www.youtube.com/watch?v=kIS9WYG1o5w>.
- [3 Omni-directional-tank, «Will this Omni-Directional Tank Work,» [En ligne]. Available:
7] <https://www.youtube.com/watch?v=LqetZP7QTN8>.
- [3 M. Bonaventure, «les-chenilles-smarttrax-chaussent-plus-de-t9,» 26 02 2018. [En ligne].
8] Available: <https://www.farm-connexion.com/2018/02/26/les-chenilles-smarttrax-chaussent-plus-de-t9/>.
- [3 F. KOBRA, «FLIR KOBRA,» [En ligne]. Available: [https://www.federalresources.com/product/flir-9\)kobra/](https://www.federalresources.com/product/flir-9)kobra/).
- [4 Parrot, «Quatre drones d'initiation à offrir pour Noël,» 07 11 2016. [En ligne]. Available:
0] <https://www.leprogres.fr/lifestyle/2016/11/07/quatre-drones-d-initiation-a-offrir-pour-noel>.
- [4 AirLift-Hovercraft, «Aéroglesseur commercial,» [En ligne]. Available:
1] <https://www.nauticexpo.fr/prod/airlift-hovercraft/product-25251-142868.html>.

- [4 S. Chodorge, «Le premier vol de la fusée Ariane 6 pourrait être reporté à 2022,» 23 10 2020. [En ligne]. Available: <https://www.usinenouvelle.com/article/le-premier-vol-de-la-fusee-ariane-6-pourrait-etre-reporte-a-2022.N1019889>.
- [4 Nicolas, «Lévitiation à la maison,» 26 11 2014. [En ligne]. Available: https://fr.science-3questions.org/experiences/146/Levitation_a_la_maison/.
- [4 Robot-6-axes, «FANUC-ROBOTER,» [En ligne]. Available: <https://www.simkon.de/verfahrachsen/fanuc-roboter/>.
- [4 Supraconducteur, «Supraconductivité,» 25 03 2021. [En ligne]. Available: <https://auditoires-5physique.epfl.ch/experiment/503/supraconductivite-train>.
- [4 Roue-en-caoutchouc, «Roue en caoutchouc - Force 150 kg,» [En ligne]. Available: <https://www.usinenouvelle.com/expo/roue-en-caoutchouc-force-150-kg-p117002960.html>.
- [4 Roue-polyamide, «Roue polyamide,» [En ligne]. Available: <https://www.norelem.fr/fr/fr/Produits/THE-BIG-GREEN-BOOK/norelem-transporte-%C3%89l%C3%A9ments-de-transport-et-de-manutention/95000-%C3%89l%C3%A9ments-de-transport-et-de-manutention/Roues-et-galets/95062-Roue-polyamide.html>.
- [4 Roue-en-fonte, «Roue en fonte,» [En ligne]. Available: <https://www.esska.fr/shop/Roue-en-8fonte-avec-roulement-a-billes-%C3%98-de-la-roue-100-a-200-mm-capacite-de-charge-300-a-1000-kg--952934444444-20480>.
- [4 Roue-monobloc, «Roue monobloc,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/hervieu/product-7748-50986.html>.
- [5 Roue-à-bandage-polyuréthane, «Roue à bandage polyuréthane charge 150 à 4500 Kg (série 0 Z),» [En ligne]. Available: <https://www.jac-manutention.com/roues-a-bandage-polyurethane/310-roue-a-bandage-polyurethane-charge-150-a-4500-kg-serie-z.html>.
- [5 Roue-en-bois, «Roue-en-bois,» [En ligne]. Available: <https://mes-decouvertes.com/produit/roue-1en-bois-2/>.
- [5 Cerclage-en-cuir, «Charrette médiévale en palette,» [En ligne]. Available: <https://atelierdepeyo.wordpress.com/category/latelier-du-bois/charrette-medievale-en-palette/>.
- [5 Roue-en-fer, «LES ROUES,» [En ligne]. Available: https://www.musee-charroi-rural-3salmiech.fr/?page_id=60.
- [5 Roue-en-gomme, «4 ROUES DE ROLLER EN LIGNE ENFANT FIT 3 70MM 80A,» [En ligne]. Available: https://www.decathlon.fr/p/4-roues-de-roller-en-ligne-enfant-fit-3-70mm-80a/_/R-p-14765.
- [5 R. Roletschek, «wikipedia,» 1 10 2005. [En ligne]. Available: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_\(m%C3%A9canique\)#/media/Fichier:Kettenvergleich.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_(m%C3%A9canique)#/media/Fichier:Kettenvergleich.jpg).

- [5 S. Institute, «wikipedia,» 2 08 2006. [En ligne]. Available:
6] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_\(m%C3%A9canique\)#/media/Fichier:Ford_Model-T_with_snowmobile_attachment.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_(m%C3%A9canique)#/media/Fichier:Ford_Model-T_with_snowmobile_attachment.jpg).
- [5 Bombardier, «wikipedia,» 29 09 2010. [En ligne]. Available:
7] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_\(m%C3%A9canique\)#/media/Fichier:Bombardier_B7_snow_vehicle_-_left_view_\(2\).JPG](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_(m%C3%A9canique)#/media/Fichier:Bombardier_B7_snow_vehicle_-_left_view_(2).JPG).
- [5 F. MICHEL, «wikipedia,» 18 07 2012. [En ligne]. Available:
8] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_\(m%C3%A9canique\)#/media/Fichier:Brest2012-HB40_\(8\).JPG](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_(m%C3%A9canique)#/media/Fichier:Brest2012-HB40_(8).JPG).
- [5 BulldozerD11, «wikipedia,» 21 01 2009. [En ligne]. Available:
9] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_\(m%C3%A9canique\)#/media/Fichier:Challenger_MT765C_track_suspension_-_IMG_4621.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chenille_(m%C3%A9canique)#/media/Fichier:Challenger_MT765C_track_suspension_-_IMG_4621.jpg).
- [6 «electroteech,» 10 2015. [En ligne]. Available: <https://electroteech.blogspot.com/2015/10/les-0-engrenages.html>.
- [6 A. 25, «wikipedia,» 1 01 2007. [En ligne]. Available:
1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9_Citro%C3%ABn#/media/Fichier:Engrenages_-_85.488_.jpg.
- [6 L. 2003, «wikimedia,» 17 07 2006. [En ligne]. Available:
2] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Train_planetaire.png.
- [6 T. Belts, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://guide.directindustry.com/wp-content/uploads/00178.png>.
- [6 Poulie-damper, «courroie-distribution,» [En ligne]. Available: https://www.courroie-4distribution.fr/media/images/obscur_succes_QH-Poulie-damper.width-500.webp.
- [6 cross-morse, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/cross-5morse/product-20096-411757.html>.
- [6 C. d. t. ronde, «directindustry,» [En ligne]. Available:
6] <https://www.directindustry.fr/prod/skiffy/product-971-560591.html>.
- [6 bouquetcourroie, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://guide.directindustry.com/wp-content/uploads/bouquetcourroie.jpg>.
- [6 A. Oldham, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/norelem-8elements-standard-mecaniques/product-7884-421561.html>.
- [6 Servoflex, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/miki-9pulley-europe-ag/product-57910-2420303.html>.
- [7 A. à. c. 3012, «expert-distribution,» [En ligne]. Available: <https://shop.expert-0distribution.com/accouplement-a-chaine-3012-12-dents-asa-35-challenge-c2x31961090>.

- [7 A. à. engrenage, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/skf-1-maintenance-lubrication-and-power-transmission/product-18813-2398154.html>.
- [7 A. rigide, «directindustry,» [En ligne]. Available:
2] <https://www.directindustry.fr/prod/lovejoy/product-7199-2356870.html>.
- [7 A. à. g. élasticité, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/nbk-3-nabeya-bi-tech-kaisha/product-54912-1958993.html>.
- [7 A. à. l. élastomère, «directindustry,» [En ligne]. Available:
4] <https://www.directindustry.fr/prod/vulkan-couplings/product-63080-480299.html>.
- [7 A. à. mâchoires, «directindustry,» [En ligne]. Available:
5] <https://www.directindustry.fr/prod/mayr/product-210-189259.html>.
- [7 A. à. r. P. series, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/skf-6-maintenance-lubrication-and-power-transmission/product-18813-2398149.html>.
- [7 A. à. p. P.-P. PTC, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/pix-7-transmissions-limited/product-14262-1760120.html>.
- [7 A. f. e. t. G. series, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/ab-8-trasmissioni-srl/product-7184-462737.html>.
- [7 A. à. s. C. series, «directindustry,» [En ligne]. Available: <https://www.directindustry.fr/prod/miki-9-pulley-europe-ag/product-57910-1335561.html>.
- [8 M. A. 4.-G. series, «directindustry,» [En ligne]. Available:
0] <https://www.directindustry.fr/prod/bodine-electric-company/product-9033-422531.html>.
- [8 M. D. S. 19, «directindustry,» [En ligne]. Available:
1] <https://www.directindustry.fr/prod/ruhrgetriebe-kg/product-59231-1254457.html>.
- [8 M.-r. h. 7. series, «directindustry,» [En ligne]. Available:
2] <https://www.directindustry.fr/prod/bonfiglioli/product-46-435062.html>.
- [8 R. à. e. h. M. XD, «directindustry,» [En ligne]. Available:
3] <https://www.directindustry.fr/prod/getriebebau-nord-gmbh-co-kg/product-4808-2505899.html>.
- [8 M. à. v. s. f. d. l. m. RENOLD, «directindustry,» [En ligne]. Available:
4] <https://guide.directindustry.com/wp-content/uploads/5242-2339039-320x320.jpg>.
- [8 arduino-due, «arduino,» [En ligne]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-due>.
5]
- [8 arduino, «arduino-leonardo,» [En ligne]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-6-leonardo-with-headers?queryID=undefined>.
- [8 arduino-mega-2560-rev3, «arduino,» [En ligne]. Available:
7] <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>.

- [8 arduino-nano-33-iot, «arduino,» [En ligne]. Available:
8] <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-33-iot>.
- [8 portenta-h7, «arduino,» [En ligne]. Available: <https://store.arduino.cc/products/portenta-h7>.
9]
- [9 arduino-uno-rev3, «arduino,» [En ligne]. Available: [https://store.arduino.cc/products/arduino-0\] uno-rev3-smd](https://store.arduino.cc/products/arduino-0] uno-rev3-smd).
- [9 arduino-zero, «arduino,» [En ligne]. Available: [https://store.arduino.cc/products/arduino-zero.1\]](https://store.arduino.cc/products/arduino-zero.1])
- [9 M. N. ESP32, «gotronic.fr,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-2\] esp32-28407.htm](https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-2] esp32-28407.htm).
- [9 M. N. ESP8266, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-3\] esp8266-27744.htm](https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-3] esp8266-27744.htm).
- [9 C. r. p. pico, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-carte-raspberry-pi-4\] pico-33027.htm](https://www.gotronic.fr/art-carte-raspberry-pi-4] pico-33027.htm).
- [9 carte-teensy-2, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-2-0-5\] 35954.htm](https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-2-0-5] 35954.htm).
- [9 carte-teensy-3-2, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-3-2-6\] 25052.htm](https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-3-2-6] 25052.htm).
- [9 carte-teensy-4-0, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-4-0-7\] 31544.htm](https://www.gotronic.fr/art-carte-teensy-4-0-7] 31544.htm).
- [9 carte-raspberry-pi-4-b-1, «gotronic,» [En ligne]. Available: [https://www.gotronic.fr/art-carte-8\] raspberry-pi-4-b-1-gb-30752.htm](https://www.gotronic.fr/art-carte-8] raspberry-pi-4-b-1-gb-30752.htm).
- [9 B. Black, «Farnell,» [En ligne]. Available: [https://fr.farnell.com/seeed-studio/102110420/carte-9\] beaglebone-black/dp/3520081?gclid=Cj0KCQiAsdKbBhDHARIsANJ6-jedwmQy2xRAI-bQO3gj88iZqnP1xRIUfftgWeG2kzbbvILYkQV5YaAuDpEALw_wcB&mckv=_dc|pccrid||plid||kwor d||match||slid||product|3520081|pgrid||ptaid||&CMP](https://fr.farnell.com/seeed-studio/102110420/carte-9] beaglebone-black/dp/3520081?gclid=Cj0KCQiAsdKbBhDHARIsANJ6-jedwmQy2xRAI-bQO3gj88iZqnP1xRIUfftgWeG2kzbbvILYkQV5YaAuDpEALw_wcB&mckv=_dc|pccrid||plid||kwor d||match||slid||product|3520081|pgrid||ptaid||&CMP).
- [1 beaglebone-ai-64, «farnell,» [En ligne]. Available:
0] [https://fr.farnell.com/beagleboard/beaglebone-ai-64/beagleboard-arm-cortex-0\] a72/dp/3923739?ost=beaglebone+ai+64](https://fr.farnell.com/beagleboard/beaglebone-ai-64/beagleboard-arm-cortex-0] a72/dp/3923739?ost=beaglebone+ai+64).
- [1 carte-mere-de-developpement-avec-dual-core-arm-tinker-board-2s, «es-france,» [En ligne].
0] Available: [https://www.es-france.com/17431-carte-mere-de-developpement-avec-dual-core-1\] arm-tinker-board-2s.html](https://www.es-france.com/17431-carte-mere-de-developpement-avec-dual-core-1] arm-tinker-board-2s.html).
- [1 S.-Y. Liu, «patent,» 31 01 2011. [En ligne]. Available:
0] [https://patents.google.com/patent/US20120182532?q=%27automatic+focus%27.2\]](https://patents.google.com/patent/US20120182532?q=%27automatic+focus%27.2])

- [1 O. Szymber, «patent,» 18 05 1970. [En ligne]. Available:
0 <https://patents.google.com/patent/US3635551A/en?q=G03B21%2f53>.
3]
- [1 Q. N. H. M. Wang, «Patent,» 30 11 2012. [En ligne]. Available:
0 <https://patents.google.com/patent/EP2846187B1/fr?q=G03B21%2f53>.
4]
- [1 T. K. Ohtaka, «patent,» 18 12 1985. [En ligne]. Available:
0 <https://patents.google.com/patent/US4801963A/en?q=G03B21%2f53&q=G03B21%2f53&assignee=Seiko+Epson+Corporation>.
5]
- [1 Morio Seiko Epson Corp. MatsumotoShiki Seiko Epson Corp. Furui, «patent,» 23 06 2004. [En
0 ligne]. Available:
6] <https://patents.google.com/patent/EP1610548B1/fr?q=G03B21%2f53&q=G03B21%2f53&assignee=Seiko+Epson+Corporation>.
- [1 B. Lawson, «wyca robotics,» 3 Mars 2022. [En ligne]. Available: <https://www.wyca-robotics.fr/2022/03/03/technologie-les-batteries/>.
7]
- [1 robots_batteries, «ensta-bretagne,» [En ligne]. Available: https://www.ensta-bretagne.fr/lebars/robots_batteries.pdf.
8]
- [1 Alkaline-Battery, «smushcdn,» 07 2019. [En ligne]. Available:
0 <https://939506.smushcdn.com/2600043/wp-content/uploads/2019/07/Representational-Image-9-of-an-Alkaline-Battery.png?lossy=0&strip=1&webp=1>.
9]
- [1 /Nickel-Metal-Hydride-Battery., «smushcdn,» 07 2019. [En ligne]. Available:
1 <https://939506.smushcdn.com/2600043/wp-content/uploads/2019/07/Nickel-Metal-Hydride-0-Battery.png?lossy=0&strip=1&webp=1>.
0]
- [1 Acid-Lead-Batteries, «smushcdn,» 07 2019. [En ligne]. Available:
1 <https://939506.smushcdn.com/2600043/wp-content/uploads/2019/07/Picture-Showing-Acid-1-Lead-Batteries.png?lossy=0&strip=1&webp=1>.
1]
- [1 Lithium-Ion-Battery, «smushcdn,» 07 2019. [En ligne]. Available:
1 <https://939506.smushcdn.com/2600043/wp-content/uploads/2019/07/Image-of-a-Lithium-Ion-2-Battery.png?lossy=0&strip=1&webp=1>.
2]
- [1 Lithium-Polymer, «smushcdn,» 07 2019. [En ligne]. Available:
1 <https://939506.smushcdn.com/2600043/wp-content/uploads/2019/07/Lithium-Polymer-3-Battery.png?lossy=0&strip=1&webp=1>.
3]
- [1 ps4-manette, «raspberrypip,» 04 2020. [En ligne]. Available: <https://raspberrypip.fr/wp-content/uploads/2020/04/ps4-manette.jpg?ezimgfmt=ng:webp/ngcb4>.
4]

[1 M. X. O. S, «rakuten,» [En ligne]. Available: https://fr.shopping.rakuten.com/photo/manette-1-xbox-one-blanche-1144423295_L.jpg.
5]

[1 elemetre-a-ultrasons, «elemetre-a-ultrasons,» gotronic, [En ligne]. Available:
1 <https://www.gotronic.fr/ori-telemetre-a-ultrasons-grove-101020010-18976.jpg>.
6]

[1 Omron, «rs-online,» [En ligne]. Available: https://fr.rs-online.com/web/p/capteurs-de-temperature-infrarouges/8226421?cm_mmc=FR-PLA-DS3A-_google-_
7] CSS_FR_FR_Automatisme_et_Control_e_de_process_Whoop-_-
(FR:Whoop!)+Capteurs+de+temp%C3%A9rature+infrarouges+(2)-_-8226421&matchtype=&aud-827186183686:pl.

[1 R. 2. C. d. recul, «auto-doc,» [En ligne]. Available: https://www.auto-doc.fr/ridex/8120754?gshp=1&gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoWVzfvwslLz7u4madKvD4YylErhnMF_aDE9LHMOijJphj1TMFf2XnEaAj5kEALw_wcB.
8]

