

Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

Boite de vitesse de vélo

Dans toute cette étude, la transmission de puissance entre le pédalier et la roue arrière s'effectue par chaîne. Durant tout le sujet, on appelle rapport de réduction :

$$k = \frac{\omega_{roue}}{\omega_{pédalier}}$$

La boîte classique

Sur un vélo classique, l'adaptation de la puissance est réalisée par :

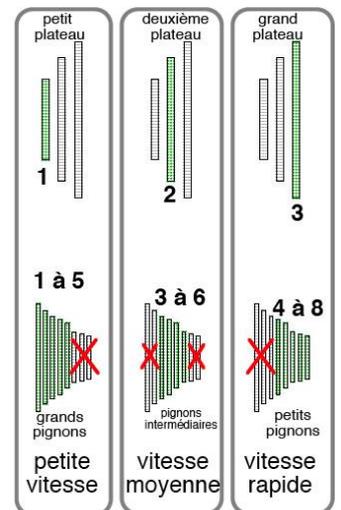
- Un ou plusieurs plateaux au niveau du pédalier.
- Un ou plusieurs pignons au niveau de l'axe de la roue arrière.

Sur un VTT, il y a 3 plateaux à l'avant et 8 pignons à l'arrière. On annonce donc 24 vitesses (24 rapports).

Cependant, pour un bon fonctionnement de la transmission par chaîne, il est préférable que cette dernière « croise » le moins possible. Le dessin ci-contre indique les vitesses réellement utilisables.

Données : nombres de dents des plateaux et pignons

Plateau (Z_p)	42	32	22					
Pignon (Z_r)	11	13	15	17	20	23	26	30



Question 1: Déterminer l'expression de k en fonction de Z_p et de Z_r .

Question 2: Déterminer les valeurs minimale et maximale de k .

En pratique, on s'intéresse à la distance parcourue pour un tour de pédale L .

On donne d , le diamètre d'une roue de VTT avec le pneu: $d = 670 \text{ mm}$

Question 3: Déterminer littéralement cette distance L .

Question 4: Déterminer finalement les valeurs minimale et maximale de L .

Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

La boîte intégrée – Speedhub

Depuis plusieurs années, le développement des vélos de ville et des vélos à assistance électrique pousse les constructeurs à innover en termes de transmission entre pédalier et roues. Le besoin particulier lié aux vélos mis à disposition du public est d'éliminer les risques liés à l'utilisation de chaînes (déraillements lors des changements de vitesse, entretien...).

Une solution proposée est une boîte de vitesse à trains épicycloïdaux. Nous nous intéressons ici au moyeu Speedhub de chez Rohloff, exemple haut de gamme (500€ le moyeu environ). Une vue en perspective est proposée en « annexe 1 ».



Ce moyeu remplace les pignons liés à la roue arrière. Un plateau lié aux pédales permet de transmettre la puissance du cycliste par l'intermédiaire d'une chaîne vers le pignon d'entrée du moyeu fixé sur le cadre à l'arrière du vélo. En sortie du moyeu, les roues sont entraînées permettant au cycliste de se mouvoir.

Le système utilise plusieurs trains épicycloïdaux entremêlés et en série, permettant un choix entre 14 rapports. La chaîne en provenance du plateau du pédalier ($Z_p = 40$) entraîne en rotation le pignon d'entrée ($Z_r = 16$) du Speedhub, lié à (1), couronne du premier train épicycloïdal. L'arbre central du moyeu (0) est fixé sur le cadre du vélo (bâti). Le porte-satellites (10) du 3ème train est lié à la roue par une roue libre. En résumé, (1) est l'entrée, (10) est la sortie, et (0) est le bâti.

L'« annexe 2 » propose une version simplifiée du schéma cinématique de l'ensemble, le système de changement de vitesse n'étant pas représenté. Celui-ci permet, en fonction de la vitesse sélectionnée, de bloquer des liaisons pivots entre différents pignons et le bâti, ou de relier à l'aide de crabots des pignons entre eux.

Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

Le tableau ci-dessous indique les nombres de dents de chacun des éléments dentés (pignons et couronnes). Le module est supposé identique pour tous les pignons.

Z_1	Z_{21}	Z_{22}	Z_3	Z_5	Z_6	$Z_{7,1}$	$Z_{7,2}$	Z_8	$Z_{9,1}$	$Z_{9,2}$	$Z_{11,1}$	$Z_{11,2}$	Z_{12}
105	28	37	49	40	40	37	28	49	105	64	25	33	122

Le tableau ci-dessous indique les relations qui définissent chaque rapport.

Rapport	Relations	Rapport	Relations	Rapport	Relations
1	3 et 12 liés à 0 8 lié à 9	6	6 et 12 liés à 0 3 lié à 1	11	8 et 12 lié à 9 3 lié à 1
2	5 et 12 liés à 0 8 lié à 9	7	8 et 12 liés à 0 3 lié à 1	12	12 lié à 9 5, 8 liés à 0
3	3, 6 et 12 liés à 0	8	8 et 12 lié à 9 3 lié à 0	13	12 lié à 9 6 lié à 0 3 lié à 1
4	12 lié à 0 3 lié à 1 8 lié à 9	9	8 et 12 lié à 9 5 lié à 0	14	12 lié à 9 8 lié à 0 3 lié à 1
5	5, 8 et 12 liés à 0	10	12 lié à 9		

Dans la question suivante, on ne considère pas les différents rapports du Speedhub. On considère donc que tous les pignons sont libres. On appelle $\lambda_{i,j}$ la raison basique du train épicycloïdal d'entrée i et de sortie j . Il est possible d'étudier une multitude de relations dans le réducteur. Après étude, on montre qu'il existe 5 étages indépendants. La question suivante propose les 5 étages par l'intermédiaire de $\lambda_{i,j}$.

Question 5: Déterminer le nombre d'étages de trains épicycloïdaux indépendants du système.

Question 6: Déterminer l'expression de la raison des différents étages proposés ($\lambda_{1,3}$, $\lambda_{1,5}$, $\lambda_{6,9}$, $\lambda_{8,9}$ et $\lambda_{9,12}$) en s'aidant de l'annexe 2.

Question 7: Application numérique.

Soit k' le rapport de réduction du réducteur Speedhub :

$$k' = \frac{\omega_{10/0}}{\omega_{1/0}}$$

Question 8: Déterminer l'expression algébrique de k' pour les 1° et 14° rapports du réducteur.

Question 9: Donner la valeur de k' dans les 2 cas étudiés.

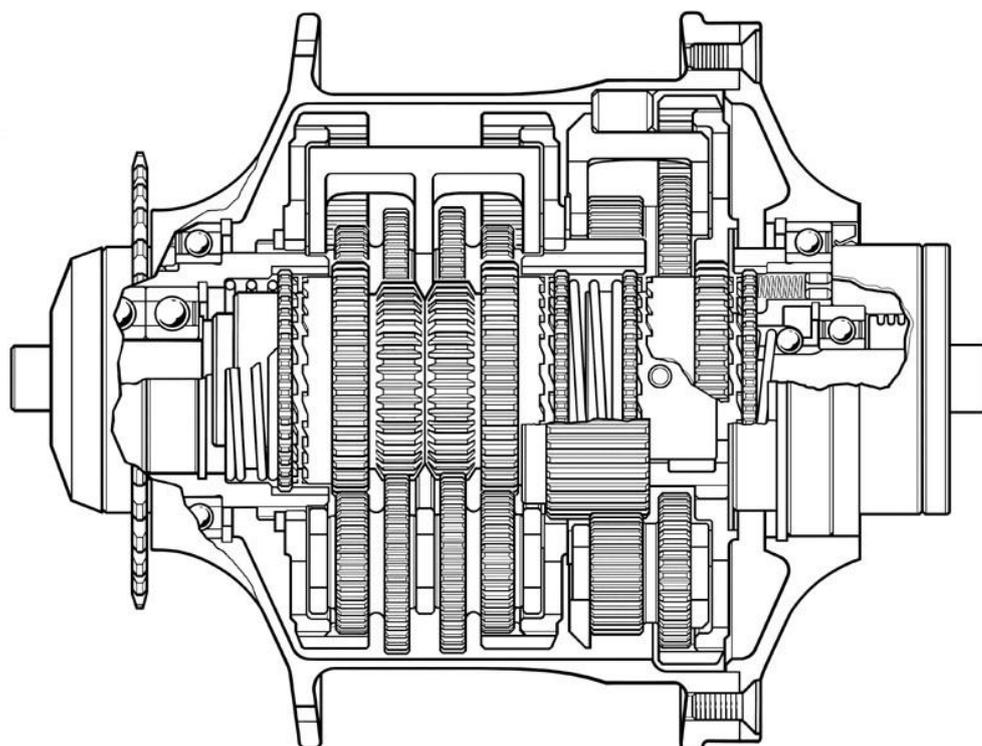
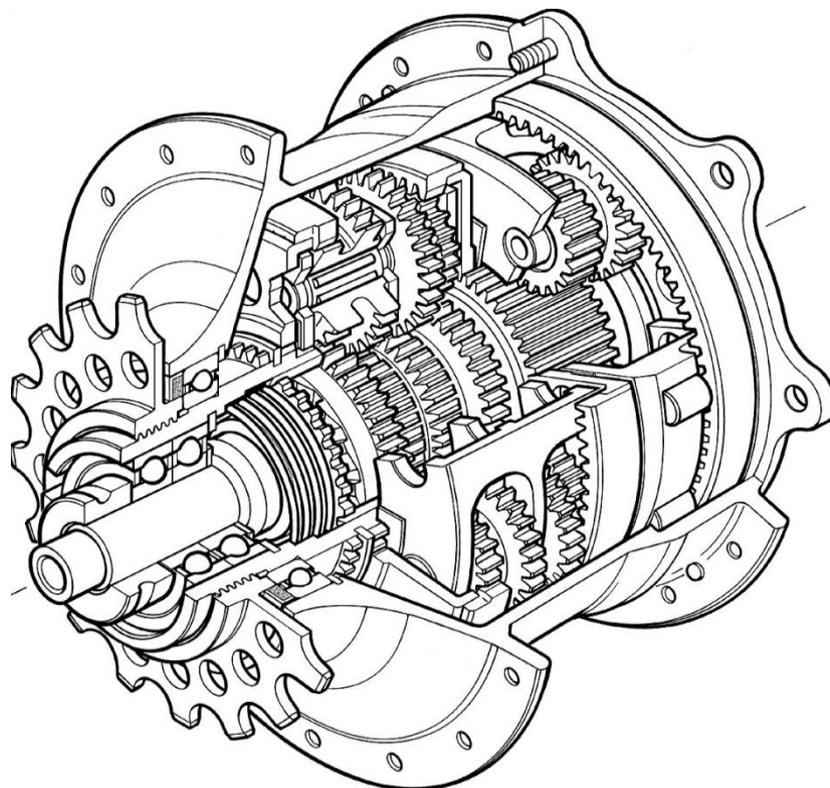
Pour ce système, le constructeur conseille un plateau de 40 dents et un pignon de 16 dents sur le moyeu.

Question 10: En déduire les 2 valeurs numériques des rapports de vitesse k .

Question 11: Conclure

Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

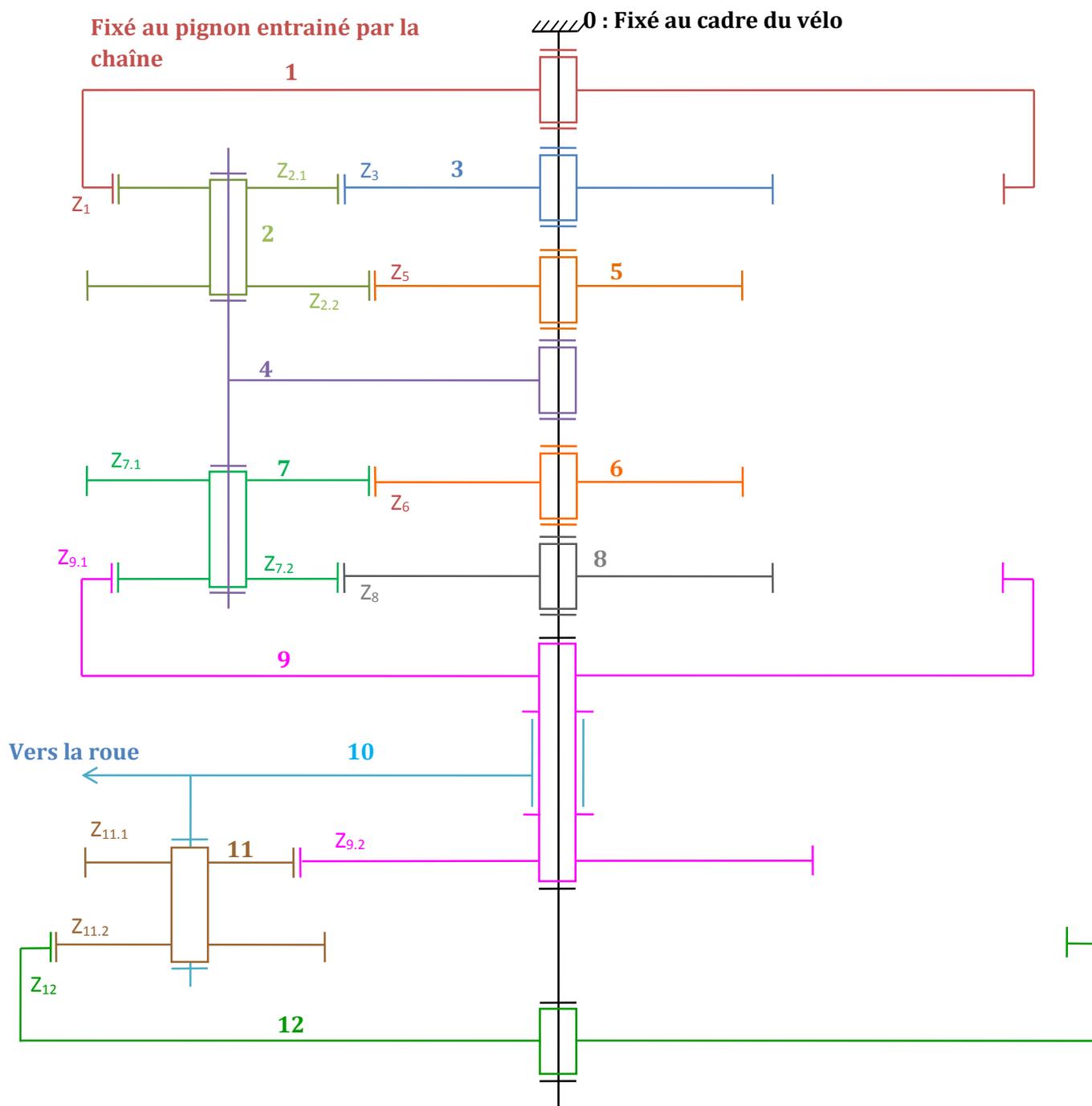
Annexe 1
Speedhub 500/14 (Poids 1,75 kg)



Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

Annexe 2

Schéma cinématique du Speedhub sans le système de sélection



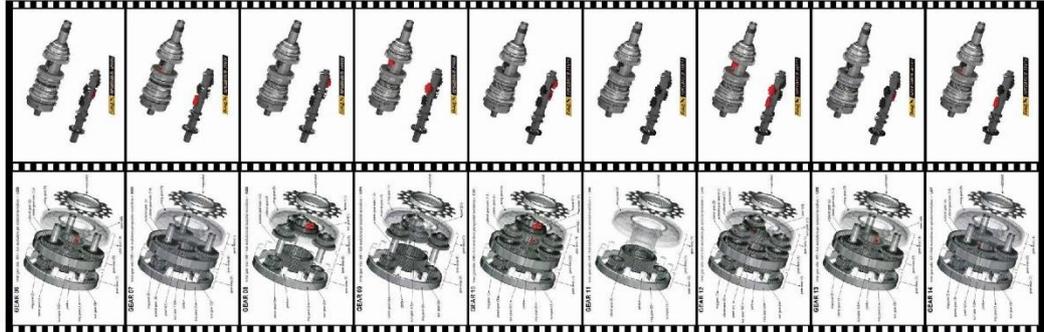
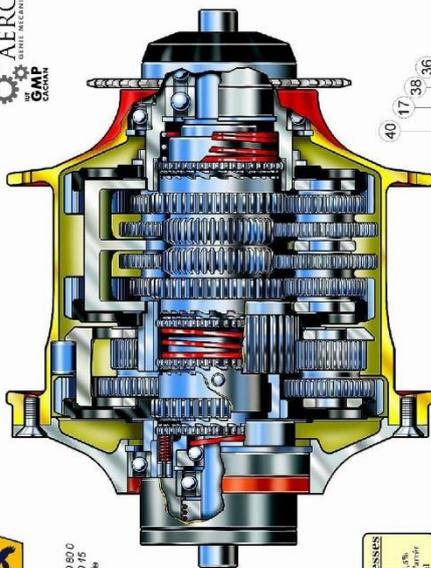
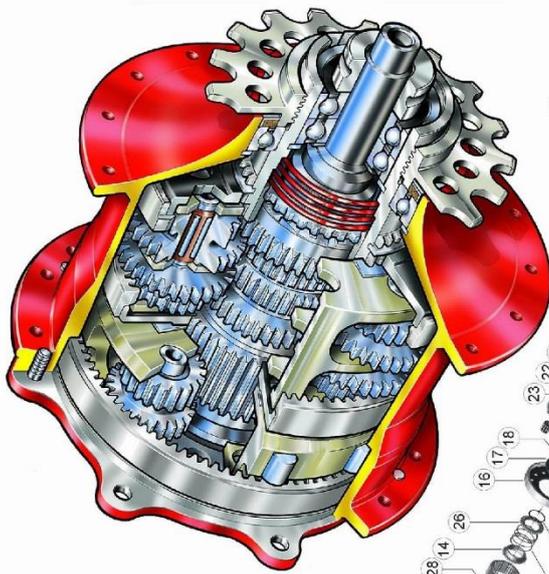
Dernière mise à jour	Cinématique	Denis DEFAUCHY
19/09/2014	Engrenages Trains épicycloïdaux	DM

Annexe 3

Détails du Speedhub



Rohloff AG
 Monzenweide 14
 48151 Münster, Germany
 Phone: +49 (0)521 910 80 0
 Fax: +49 (0)521 910 80 15
 Email: service@rohloff.de
 Web: www.rohloff.de



Moyeu LL vitesses
ROHLOFF
 14 vitesses (7x3) à 11,5%
 Passage des vitesses à l'arrêt
 Un seul train épicycloïdal

N°	nb
01	1
02	1
03	1
04	1
05	1
06	1
07	1
08	1
09	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1

N°	nb
01	1
02	1
03	1
04	1
05	1
06	1
07	1
08	1
09	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1

