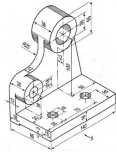


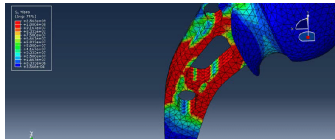
## Practical Engineering Skills

CAD design

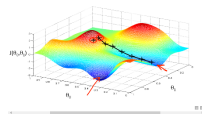
(engineering drawings)



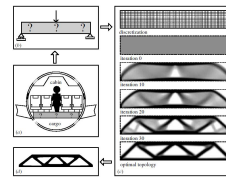
Finite Element Simulations



(stress analysis)



Altair



Gradient descent optimization  
(TopOpt)

Additive Manufacturing  
(future of industrial standards of manufacturing)



1

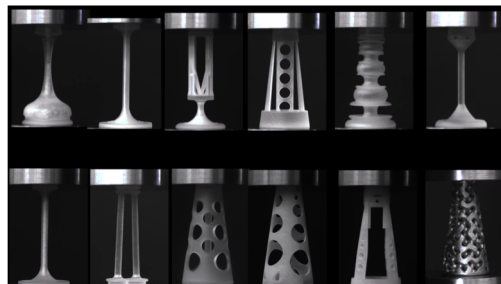
## Mechanical Learning of Additive Manufacturing Parts

- Highlights of MATLS 2H04A (2018) – Structure Materials Design Project



Example of 3D printed parts  
with different materials

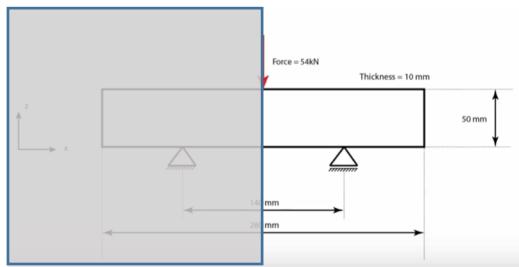
Compression tests of students' designs  
(video click to play: crushed samples will disappear)



Sessional Instructor: Dr. Bosco (Hui Ming)  
Yu, PhD  
2018

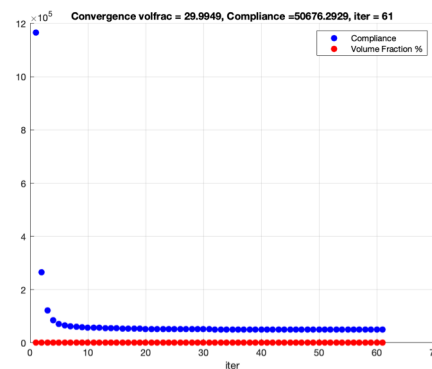
## SMALL EXERCICE using top88.m

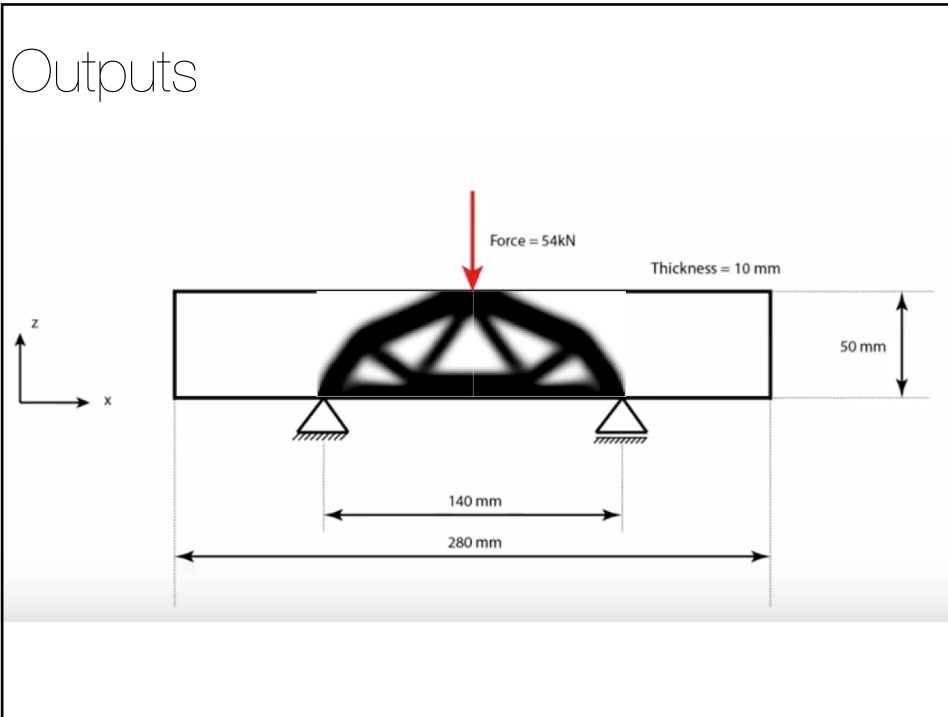
- Search the optimal 2D topology using symmetry  
--> modify top88.m



`top88_ptBENDING(140, 50, 0.3, 3, 2, 2)`

## 2Outputs





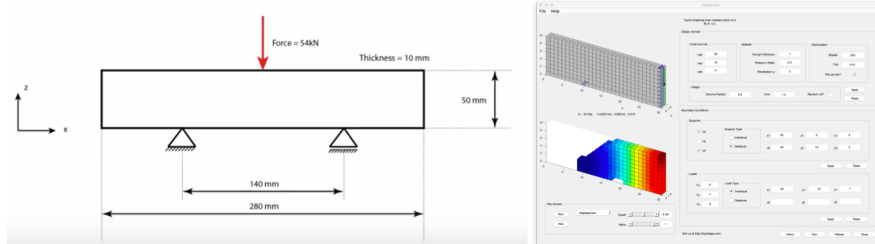
```

1 %%% AN 88 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE Nov, 2010 %%%
2 function xtop88(nelx,nely,volfrac,penal,rmin,ft)
3 %%% MATERIAL PROPERTIES
4 E0 = 1;
5 Emin = 1e-9;
6 nu = 0.3;
7 %%% PREPARE FINITE ELEMENT ANALYSIS
8 A11 = [12 3 -6 -3; 3 12 3 0; -6 3 12 -3; -3 0 -3 12];
9 A12 = [-6 -3 0 3; -3 -6 -3 -6; 0 -3 -6 3; 3 -6 3 -6];
10 B11 = [-4 3 -2 9; 3 -4 -9 4; -2 -9 -4 -3; 9 4 -3 -4];
11 B12 = [ 2 -3 4 -9; -3 2 9 -2; 4 9 2 3; -9 -2 3 2];
12 KE = 1/(1-nu^2)/24*([A11 A12; A12' A11]+nu*[B11 B12; B12' B11]);
13 nodesra = reshape(1:(1+nely)*(1+nely),1+nely,1+nely);
14 edofVec = reshape(2*nodensr(1:end-1,1:end-1)+1,nelx*nely,1);
15 edofMat = repmat(edofVec,1,8)+repmat([0 1 2*nely*(2 3 0 1) -2 -1],nelx*nely,1);
16 ik = reshape(kron(edofMat,ones(8,1)),64*nelx*nely,1);
17 jk = reshape(kron(edofMat,ones(1,8)),64*nelx*nely,1);
18 % DEFINE LOADS AND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
19 F = sparse(2,1,1,2*(nely+1)*(nelx+1),1);
20 U = zeros(2*(nely+1)*(nelx+1),1);
21 fixeddofs = union([1:2:2*(nely+1)],[2*(nelx+1)*(nely+1)]);
22 alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
23 freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
24 % PREPARE FILTER
25 %%% PRINT RESULTS
26 fprintf(' It.:%5i Obj.:%11.4f Vol.:%7.3f ch.:%7.3f\n',loop,c, ...
27     mean(xPhys(:)),change);
28 %%% PLOT DENSITIES
29 colormap(gray); imagesc(1-xPhys); caxis([0 1]); axis equal; axis off; drawnow;
30 %%%
31 %%%
32 %%%
33 %%%
34 %%%
35 %%%
36 %%%
37 %%%
38 %%%
39 %%%
40 %%%
41 %%%
42 %%%
43 %%%
44 %%%
45 %%%
46 %%%
47 %%%
48 %%%
49 %%%
50 %%%
51 %%%
52 %%%
53 %%%
54 %%%
55 %%%
56 %%%
57 %%%
58 %%%
59 %%%
60 %%%
61 %%%
62 %%%
63 %%%
64 %%%
65 %%%
66 %%%
67 %%%
68 %%%
69 %%%
70 %%%
71 %%%
72 %%%
73 %%%
74 %%%
75 %%%
76 %%%
77 %%%
78 %%%
79 %%%
80 %%%
81 %%%
82 %%%
83 %%%
84 %%%
85 %%%
86 %%%
87 %%%
88 %%%
89 %%%
90 %%%
91 %%%
92 %%%
93 %%%
94 %%%
95 %%%
96 %%%
97 %%%
98 %%%
99 %%%
100 %%%
101 %%%
102 %%%
103 %%%
104 %%%
105 %%%
106 %%%
107 %%%
108 %%%
109 %%%
110 %%%
111 %%%
112 %%%
113 %%%
114 %%%
115 %%%
116 %%%
117 %%%
118 %%%
119 %%%
120 %%%
121 %%%
122 %%%
123 %%%
124 %%%
125 %%%
126 %%%
127 %%%
128 %%%
129 %%%
130 %%%
131 %%%
132 %%%
133 %%%
134 %%%
135 %%%
136 %%%
137 %%%
138 %%%
139 %%%
140 %%%
141 %%%
142 %%%
143 %%%
144 %%%
145 %%%
146 %%%
147 %%%
148 %%%
149 %%%
150 %%%
151 %%%
152 %%%
153 %%%
154 %%%
155 %%%
156 %%%
157 %%%
158 %%%
159 %%%
160 %%%
161 %%%
162 %%%
163 %%%
164 %%%
165 %%%
166 %%%
167 %%%
168 %%%
169 %%%
170 %%%
171 %%%
172 %%%
173 %%%
174 %%%
175 %%%
176 %%%
177 %%%
178 %%%
179 %%%
180 %%%
181 %%%
182 %%%
183 %%%
184 %%%
185 %%%
186 %%%
187 %%%
188 %%%
189 %%%
190 %%%
191 %%%
192 %%%
193 %%%
194 %%%
195 %%%
196 %%%
197 %%%
198 %%%
199 %%%
200 %%%
201 %%%
202 %%%
203 %%%
204 %%%
205 %%%
206 %%%
207 %%%
208 %%%
209 %%%
210 %%%
211 %%%
212 %%%
213 %%%
214 %%%
215 %%%
216 %%%
217 %%%
218 %%%
219 %%%
220 %%%
221 %%%
222 %%%
223 %%%
224 %%%
225 %%%
226 %%%
227 %%%
228 %%%
229 %%%
230 %%%
231 %%%
232 %%%
233 %%%
234 %%%
235 %%%
236 %%%
237 %%%
238 %%%
239 %%%
240 %%%
241 %%%
242 %%%
243 %%%
244 %%%
245 %%%
246 %%%
247 %%%
248 %%%
249 %%%
250 %%%
251 %%%
252 %%%
253 %%%
254 %%%
255 %%%
256 %%%
257 %%%
258 %%%
259 %%%
260 %%%
261 %%%
262 %%%
263 %%%
264 %%%
265 %%%
266 %%%
267 %%%
268 %%%
269 %%%
270 %%%
271 %%%
272 %%%
273 %%%
274 %%%
275 %%%
276 %%%
277 %%%
278 %%%
279 %%%
280 %%%
281 %%%
282 %%%
283 %%%
284 %%%
285 %%%
286 %%%
287 %%%
288 %%%
289 %%%
290 %%%
291 %%%
292 %%%
293 %%%
294 %%%
295 %%%
296 %%%
297 %%%
298 %%%
299 %%%
300 %%%
301 %%%
302 %%%
303 %%%
304 %%%
305 %%%
306 %%%
307 %%%
308 %%%
309 %%%
310 %%%
311 %%%
312 %%%
313 %%%
314 %%%
315 %%%
316 %%%
317 %%%
318 %%%
319 %%%
320 %%%
321 %%%
322 %%%
323 %%%
324 %%%
325 %%%
326 %%%
327 %%%
328 %%%
329 %%%
330 %%%
331 %%%
332 %%%
333 %%%
334 %%%
335 %%%
336 %%%
337 %%%
338 %%%
339 %%%
340 %%%
341 %%%
342 %%%
343 %%%
344 %%%
345 %%%
346 %%%
347 %%%
348 %%%
349 %%%
350 %%%
351 %%%
352 %%%
353 %%%
354 %%%
355 %%%
356 %%%
357 %%%
358 %%%
359 %%%
360 %%%
361 %%%
362 %%%
363 %%%
364 %%%
365 %%%
366 %%%
367 %%%
368 %%%
369 %%%
370 %%%
371 %%%
372 %%%
373 %%%
374 %%%
375 %%%
376 %%%
377 %%%
378 %%%
379 %%%
380 %%%
381 %%%
382 %%%
383 %%%
384 %%%
385 %%%
386 %%%
387 %%%
388 %%%
389 %%%
390 %%%
391 %%%
392 %%%
393 %%%
394 %%%
395 %%%
396 %%%
397 %%%
398 %%%
399 %%%
400 %%%
401 %%%
402 %%%
403 %%%
404 %%%
405 %%%
406 %%%
407 %%%
408 %%%
409 %%%
410 %%%
411 %%%
412 %%%
413 %%%
414 %%%
415 %%%
416 %%%
417 %%%
418 %%%
419 %%%
420 %%%
421 %%%
422 %%%
423 %%%
424 %%%
425 %%%
426 %%%
427 %%%
428 %%%
429 %%%
430 %%%
431 %%%
432 %%%
433 %%%
434 %%%
435 %%%
436 %%%
437 %%%
438 %%%
439 %%%
440 %%%
441 %%%
442 %%%
443 %%%
444 %%%
445 %%%
446 %%%
447 %%%
448 %%%
449 %%%
450 %%%
451 %%%
452 %%%
453 %%%
454 %%%
455 %%%
456 %%%
457 %%%
458 %%%
459 %%%
460 %%%
461 %%%
462 %%%
463 %%%
464 %%%
465 %%%
466 %%%
467 %%%
468 %%%
469 %%%
470 %%%
471 %%%
472 %%%
473 %%%
474 %%%
475 %%%
476 %%%
477 %%%
478 %%%
479 %%%
480 %%%
481 %%%
482 %%%
483 %%%
484 %%%
485 %%%
486 %%%
487 %%%
488 %%%
489 %%%
490 %%%
491 %%%
492 %%%
493 %%%
494 %%%
495 %%%
496 %%%
497 %%%
498 %%%
499 %%%
500 %%%
501 %%%
502 %%%
503 %%%
504 %%%
505 %%%
506 %%%
507 %%%
508 %%%
509 %%%
510 %%%
511 %%%
512 %%%
513 %%%
514 %%%
515 %%%
516 %%%
517 %%%
518 %%%
519 %%%
520 %%%
521 %%%
522 %%%
523 %%%
524 %%%
525 %%%
526 %%%
527 %%%
528 %%%
529 %%%
530 %%%
531 %%%
532 %%%
533 %%%
534 %%%
535 %%%
536 %%%
537 %%%
538 %%%
539 %%%
540 %%%
541 %%%
542 %%%
543 %%%
544 %%%
545 %%%
546 %%%
547 %%%
548 %%%
549 %%%
550 %%%
551 %%%
552 %%%
553 %%%
554 %%%
555 %%%
556 %%%
557 %%%
558 %%%
559 %%%
560 %%%
561 %%%
562 %%%
563 %%%
564 %%%
565 %%%
566 %%%
567 %%%
568 %%%
569 %%%
570 %%%
571 %%%
572 %%%
573 %%%
574 %%%
575 %%%
576 %%%
577 %%%
578 %%%
579 %%%
580 %%%
581 %%%
582 %%%
583 %%%
584 %%%
585 %%%
586 %%%
587 %%%
588 %%%
589 %%%
590 %%%
591 %%%
592 %%%
593 %%%
594 %%%
595 %%%
596 %%%
597 %%%
598 %%%
599 %%%
600 %%%
601 %%%
602 %%%
603 %%%
604 %%%
605 %%%
606 %%%
607 %%%
608 %%%
609 %%%
610 %%%
611 %%%
612 %%%
613 %%%
614 %%%
615 %%%
616 %%%
617 %%%
618 %%%
619 %%%
620 %%%
621 %%%
622 %%%
623 %%%
624 %%%
625 %%%
626 %%%
627 %%%
628 %%%
629 %%%
630 %%%
631 %%%
632 %%%
633 %%%
634 %%%
635 %%%
636 %%%
637 %%%
638 %%%
639 %%%
640 %%%
641 %%%
642 %%%
643 %%%
644 %%%
645 %%%
646 %%%
647 %%%
648 %%%
649 %%%
650 %%%
651 %%%
652 %%%
653 %%%
654 %%%
655 %%%
656 %%%
657 %%%
658 %%%
659 %%%
660 %%%
661 %%%
662 %%%
663 %%%
664 %%%
665 %%%
666 %%%
667 %%%
668 %%%
669 %%%
670 %%%
671 %%%
672 %%%
673 %%%
674 %%%
675 %%%
676 %%%
677 %%%
678 %%%
679 %%%
680 %%%
681 %%%
682 %%%
683 %%%
684 %%%
685 %%%
686 %%%
687 %%%
688 %%%
689 %%%
690 %%%
691 %%%
692 %%%
693 %%%
694 %%%
695 %%%
696 %%%
697 %%%
698 %%%
699 %%%
700 %%%
701 %%%
702 %%%
703 %%%
704 %%%
705 %%%
706 %%%
707 %%%
708 %%%
709 %%%
710 %%%
711 %%%
712 %%%
713 %%%
714 %%%
715 %%%
716 %%%
717 %%%
718 %%%
719 %%%
720 %%%
721 %%%
722 %%%
723 %%%
724 %%%
725 %%%
726 %%%
727 %%%
728 %%%
729 %%%
730 %%%
731 %%%
732 %%%
733 %%%
734 %%%
735 %%%
736 %%%
737 %%%
738 %%%
739 %%%
740 %%%
741 %%%
742 %%%
743 %%%
744 %%%
745 %%%
746 %%%
747 %%%
748 %%%
749 %%%
750 %%%
751 %%%
752 %%%
753 %%%
754 %%%
755 %%%
756 %%%
757 %%%
758 %%%
759 %%%
760 %%%
761 %%%
762 %%%
763 %%%
764 %%%
765 %%%
766 %%%
767 %%%
768 %%%
769 %%%
770 %%%
771 %%%
772 %%%
773 %%%
774 %%%
775 %%%
776 %%%
777 %%%
778 %%%
779 %%%
780 %%%
781 %%%
782 %%%
783 %%%
784 %%%
785 %%%
786 %%%
787 %%%
788 %%%
789 %%%
790 %%%
791 %%%
792 %%%
793 %%%
794 %%%
795 %%%
796 %%%
797 %%%
798 %%%
799 %%%
800 %%%
801 %%%
802 %%%
803 %%%
804 %%%
805 %%%
806 %%%
807 %%%
808 %%%
809 %%%
810 %%%
811 %%%
812 %%%
813 %%%
814 %%%
815 %%%
816 %%%
817 %%%
818 %%%
819 %%%
820 %%%
821 %%%
822 %%%
823 %%%
824 %%%
825 %%%
826 %%%
827 %%%
828 %%%
829 %%%
830 %%%
831 %%%
832 %%%
833 %%%
834 %%%
835 %%%
836 %%%
837 %%%
838 %%%
839 %%%
840 %%%
841 %%%
842 %%%
843 %%%
844 %%%
845 %%%
846 %%%
847 %%%
848 %%%
849 %%%
850 %%%
851 %%%
852 %%%
853 %%%
854 %%%
855 %%%
856 %%%
857 %%%
858 %%%
859 %%%
860 %%%
861 %%%
862 %%%
863 %%%
864 %%%
865 %%%
866 %%%
867 %%%
868 %%%
869 %%%
870 %%%
871 %%%
872 %%%
873 %%%
874 %%%
875 %%%
876 %%%
877 %%%
878 %%%
879 %%%
880 %%%
881 %%%
882 %%%
883 %%%
884 %%%
885 %%%
886 %%%
887 %%%
888 %%%
889 %%%
890 %%%
891 %%%
892 %%%
893 %%%
894 %%%
895 %%%
896 %%%
897 %%%
898 %%%
899 %%%
900 %%%
901 %%%
902 %%%
903 %%%
904 %%%
905 %%%
906 %%%
907 %%%
908 %%%
909 %%%
910 %%%
911 %%%
912 %%%
913 %%%
914 %%%
915 %%%
916 %%%
917 %%%
918 %%%
919 %%%
920 %%%
921 %%%
922 %%%
923 %%%
924 %%%
925 %%%
926 %%%
927 %%%
928 %%%
929 %%%
930 %%%
931 %%%
932 %%%
933 %%%
934 %%%
935 %%%
936 %%%
937 %%%
938 %%%
939 %%%
940 %%%
941 %%%
942 %%%
943 %%%
944 %%%
945 %%%
946 %%%
947 %%%
948 %%%
949 %%%
950 %%%
951 %%%
952 %%%
953 %%%
954 %%%
955 %%%
956 %%%
957 %%%
958 %%%
959 %%%
960 %%%
961 %%%
962 %%%
963 %%%
964 %%%
965 %%%
966 %%%
967 %%%
968 %%%
969 %%%
970 %%%
971 %%%
972 %%%
973 %%%
974 %%%
975 %%%
976 %%%
977 %%%
978 %%%
979 %%%
980 %%%
981 %%%
982 %%%
983 %%%
984 %%%
985 %%%
986 %%%
987 %%%
988 %%%
989 %%%
990 %%%
991 %%%
992 %%%
993 %%%
994 %%%
995 %%%
996 %%%
997 %%%
998 %%%
999 %%%
1000 %%%

```

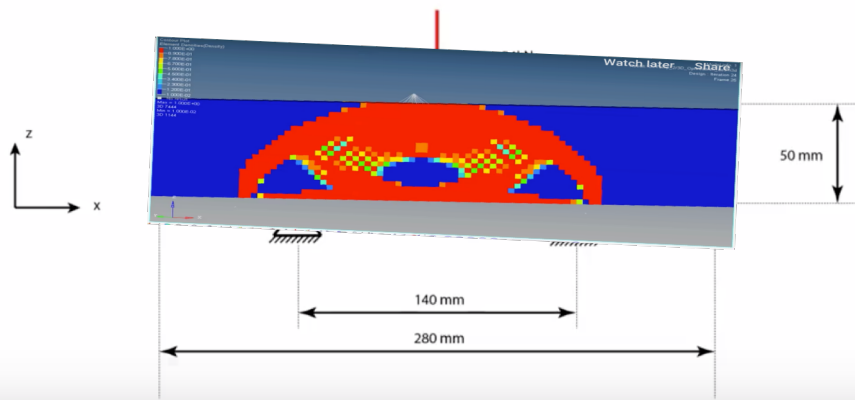
## SAME EXERCICE using top3D

- <https://top3dapp.com>
- Search the optimal 3D topology using symmetry



A regarder ... avant le 9...  
OptiStruct

<https://altairuniversity.com/13907-topology-optimization-tutorial-3-point-bending-of-a-beam-1d->



Bring your laptop with ALTAIR suite

<https://altairuniversity.com/altair-student-edition-limitations/>